



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

INFORME FINAL

Proyecto

FIPA 2018-32

**"ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA PESQUERÍA DE LA ALMEJA
VENUS ANTIQUA EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS Y LA REGIÓN DE
AYSÉN DEL GENERAL CARLOS IBÁÑEZ DEL CAMPO"**

Proponente

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

Mandante

SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y DE ACUICULTURA

VALPARAÍSO, DICIEMBRE, 2019

AUTORES

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Cristian M. Canales R (Jefe de Proyecto)

Nicolás Adasme L.

Nazareth Sánchez E.

Jesús Curiel P.

Instituto de Fomento Pesquero

Mauricio Mardones I.

Nancy Barahona T.

Juan Carlos Quiroz E.

Pablo Araya C.

Universidad Austral de Chile

Carlos Molinet F.

Jorge Henríquez M.

Rubén Roa U.

Manuel Díaz G.

Leny Cares P.

1. RESUMEN EJECUTIVO

Se entrega la totalidad de resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto FIPA 2018–32 “Estrategias de manejo de la pesquería de la almeja *Venus antiqua* en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo”, ejecutado por Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en conjunto con la Universidad Austral de Chile y el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

Se recopilaron antecedentes del recurso, y se realizó una descripción de la pesquería de *Venus antiqua*, con el detalle de la evolución de la pesquería, las áreas de pesca, los sistemas de extracción, la flota, y la comercialización. Para fines de este proyecto se definieron tres zonas de evaluación comprendidas en la 1) Bahía de Ancud, 2) sector sur de la Isla de Chiloé, y el 3) sector norte de la Región de Aysén. El área de extensión de esta investigación cubrió 181 procedencias con actividad extractiva del recurso almeja. En toda la zona de estudio se obtuvieron datos de captura, rendimiento, estructuras de tallas y pesos. Las zonas de Ancud y Quellón Sur fueron las que más registros de captura tuvieron durante el periodo analizado entre 2000 y 2016.

Respecto a los estudios de salud del recurso y su relación con la marea roja, se analizó brevemente el efecto de este fenómeno en tres periodos de tiempo en el año 2018 en la Región de Los Lagos, observándose una disminución de los desembarques de almeja monitoreados por el programa de seguimiento bentónico de IFOP, durante el periodo que las áreas se encontraban cerradas. Este estudio permitió determinar que, una vez cerrada una caleta afectada por marea roja, los pescadores concurren a otras áreas a explotar el recurso, lo que significa que en términos globales no se visualiza dicho efecto en los desembarques. El evento de marea roja condiciona la extracción y, como lo señala Díaz et al (2019), en un contexto de cambio climático, es altamente probable que estos eventos serán más frecuentes y de mayor extensión temporal y geográfica en un futuro.

A partir de una base biológica de datos históricos se realizaron análisis de parámetros de crecimiento y de rasgos biológicos. Se estimaron parámetros de crecimiento específicos para 19 procedencias distribuidas en la décima Región. Para cada una de estas procedencias se obtuvieron valores de L_{∞} , k , L_0 , edad y talla crítica, y valores de mortalidad natural (M) en base a 7 estimadores diferentes. Para el total de procedencias analizadas se calculó una longitud asintótica L_{∞} promedio de 78.4 mm, un $k = 1.94$ y una talla de reclutamiento $L_0 = 33.9$ mm. Se calculó la edad crítica en 6.58 años y la talla crítica en 58.1 mm. El análisis realizado mostró que los parámetros de crecimiento para cada procedencia no presentaron patrones latitudinales. Además de esto, mediante un análisis de efectos fijos vía Modelos Lineales Generalizados

(GLM), se analizaron las bases históricas de muestreos biológicos de peso y talla (más 78 mil individuos) y se determinó que existen diferencias significativas tanto espaciales como temporales en el peso individual a una misma talla.

En cuanto a los trabajos de marcaje en terreno, se marcaron 1928 almejas en los sectores de El Manzano y Ancud, en las regiones de Aysén y Los Lagos. En cada zona se realizó un evento de recaptura, con un 70.9% de éxito en Ancud y un 26.7% de éxito en isla Manzano. A partir de los datos obtenidos se estimaron parámetros de crecimiento para las almejas de cada zona, donde se encontró una gran variabilidad y que los individuos de isla Manzano tienen una tasa de crecimiento mayor (K anual = 0.148, $p < 0.05$) en comparación a aquellos de Ancud (K anual = 0.0274, $p < 0.05$). Mediante el uso del método Gulland y Holt, se determinó que las almejas de isla Manzano presentan una talla asintótica de 79.2 mm, llegando a crecer en promedio 8.17 mm en un año una vez alcanzada la talla mínima legal de captura. Por otra parte, debido a la falta de recaptura de individuos más grandes, los parámetros estimados para Ancud presentan un gran sesgo y se vuelven imprecisos. Para la zona de isla Manzano, la edad crítica estimada varió entre 5,15 años y 7,4 años, en tanto que la talla crítica se observó entre 44,9 y 54,7 mm.

De manera complementaria, se realizaron muestreos biológicos y seguimiento reproductivo tanto en Ancud como en Quellón, recolectando 60 individuos de manera mensual para cada acotados entre los 55 y 70 mm. En Ancud se presentan individuos en promedio más pequeños (59.3 mm) y de menor peso (73.1 g) que en Quellón (63.5 mm y 85.1 g). Para los individuos muestreados se determinó el índice gonadosomático, el cual muestra diferencias por sexo y entre los meses estudiados, siendo particularmente menor en machos, en los meses de mayo y julio para la zona de Ancud, mientras que en Quellón el índice de hembras y machos no muestra mayor variabilidad en los meses estudiados. La proporción de individuos maduros fue en promedio, para todos los meses analizados, mayor en Quellón que en Ancud. El seguimiento reproductivo se intensificó en las zonas de Ancud e Isla Manzano, una vez identificado el periodo de máxima actividad reproductiva (entre julio y agosto). El análisis histológico permitió observar los 4 estados de madurez presentes en ambas zonas. Particularmente en Isla manzano se observó un aumento considerable de individuos inmaduros, así como almejas en estado de maduración. En Ancud, si bien los muestreos tienen poco más de una semana de diferencia, se observó un aumento en la proporción de individuos maduros y en maduración. A partir de los muestreos se construyeron ojivas de madurez que permitieron determinar la talla de primera madurez en cada zona, las cuales se estimaron en 43.2 mm para Ancud, y 41.76 mm para isla Manzano.

En cuanto a la modelación y evaluación de la población, se exploró el desempeño de distintos modelos de evaluación de stock y de índices de abundancias. Se analizaron dos índices de abundancia: CPUE, y el

estimador de biomasa inicial del modelo *CatDyn*. Ambos índices fueron generados por separado para la Bahía de Ancud, y para la zona sur de Chiloé. Se probó el desempeño de cuatro tipos de modelos de evaluación integrados de poblaciones, un modelo edad-estructurado bajo condiciones de equilibrio para pesquerías pobres en datos y un modelo de producción excedentaria. El análisis permitió demostrar la aplicabilidad y versatilidad de los modelos de evaluación empleados. Todos los modelos mostraron desempeños similares en cuanto a caracterizar los principales procesos poblacionales que se han registrado en la pesquería de almejas en toda la X Región y XI Región norte. Al respecto, la zona de la Bahía de Ancud es la que mostró mayores índices de un agotamiento de la población durante la mayor parte de la serie temporal analizada, con niveles de agotamiento promedio en torno al 20 % de la biomasa virginal. Por otra parte, en el sector sur de la Isla de Chiloé, si bien los niveles de mortalidad por pesca han sido altos durante la última década, los niveles de biomasa y de reducción respecto a su biomasa virginal se encuentran cercanos a lo que podría ser un eventual objetivo de manejo, es decir una reducción de su potencial reproductivo al 40% del original.

Por otro lado, y con el fin de identificar objetivos y estrategias de manejo, se realizó de manera previa un taller en la localidad de Ancud con la participación de representantes de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Instituto de Fomento Pesquero, usuarios del sector artesanal y el equipo de trabajo del proyecto. Este taller permitió recopilar la percepción de los pescadores y de su experiencia en cuanto a las principales reducciones de la población del recurso almeja. Los pescadores señalaron que para los años más recientes se ha registrado un aumento en las tallas promedio, producto de una mayor fiscalización y mayor conciencia sobre el estado y conservación del recurso. Complementariamente se analizaron puntos biológicos de referencia y se propusieron distintas estrategias de manejo a evaluar. Uno de los principales valores de referencia mostró que el reclutamiento de almejas en Ancud ha registrado anomalías negativas a partir del año 1990, lo cual permite concluir que tanto el rendimiento máximo sostenido (RMS) como la biomasa de referencia habrían cambiado en el tiempo como consecuencias de variaciones en la escala de la población. El RMS actual de la pesquería en la Bahía Ancud se estima cercano a las 2,3 mil toneladas. Posteriormente y con el fin de evaluar diversas estrategias de explotación o manejo, se implementó un Modelo Operativo a partir de un modelo edad-estructurado del tipo MODBENTO/MESTOCK/SS3. De manera complementaria y como insumo en estos modelos, se probaron muestras aleatorias tanto del índice *CatDyn* como de la CPUE estimada en el proceso de ajuste de los modelos.

El Modelo Operativo fue empleado para replicar 200 realizaciones de la “realidad” proyectada a 10 años en el futuro, donde cada realización de la población se proyecta conforme la CBA establecida. A partir de los resultados del MO, se evaluaron 9 reglas de decisión, las cuales abordaron esfuerzo constante, capturas constantes, ramplas basadas en CPUE, CBA proporcional a la CPUE, y rampla basada en la evaluación de stock. Las reglas de control presentadas exhiben comportamientos similares entre sí, y en general con poca diferencia (máximo del 15%) en las mayorías de las variables consideradas. Similar análisis realizado en un escenario de data pobre en la XI Región, mostró que todas las estrategias basadas en la tendencia de la biomasa recuperaron la población en el plazo evaluado, ya sean para estrategias empíricas basadas en esfuerzo, tallas, o en cierres de áreas. Las de mejor desempeño fueron las referidas a cierres de áreas y control de esfuerzo, y las de peor desempeño fueron las basadas en tallas como control. Este objetivo concluyó con la evaluación del impacto en la reducción de la talla de primera captura, donde se determinó que variaciones en esta talla producen mayor impacto dependiendo del nivel de mortalidad por pesca, y que tallas de primera captura entre 50 - 60 mm de longitud permitirían maximizar el rendimiento de largo plazo. Se demostró además que una reducción de esta talla a 45 mm, conduciría a la biomasa a valores iguales o inferiores al 40%Bo, y por ende sujeto a un gran riesgo de caer en condiciones de sobre-explotación.

Finalmente, se realizó un análisis FODA con el fin de establecer las oportunidades y perspectivas de la pesquería de almejas en la Región. Para esto, se aplicó una encuesta a 20 personas representantes de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Instituto de Fomento Pesquero, Industria, Servicio Nacional de Pesca e investigadores con destacada experiencia y conocimiento en la pesquería. En base a esto, los resultados mostraron que la almeja es considerada como recurso “buffer” que permite mantener una actividad extractiva durante todo el año, lo cual es compatible con la ausencia de veda para este recurso. Además, la formación de bancos de almeja permite generar rotaciones de áreas. Sin embargo, se hacen evidentes importantes carencias respecto al manejo de este recurso, viendo la pesquería de almeja como una pesquería altamente vulnerable frente a fenómenos de marea roja y a las fluctuaciones de los precios en el mercado. Sumado a esto, la mayor proporción de los encuestados consideraron que existe una escasez/agotamiento del recurso, y que es relevante conocer más sobre el estado actual del recurso, con el fin de aplicar medidas de manejo óptimas para la pesquería.

Executive Summary

In this Final Report, the totality of the results obtained during the development of the FIPA 2018–32 project “Management strategies of the *Venus antiqua* clam fishery in the Los Lagos Region and the General Carlos Ibáñez del Campo Aysén Region”, are delivered. This project was executed by the School of Marine Sciences of the Pontifical Catholic University of Valparaíso in conjunction with the Universidad Austral de Chile and the Institute for Fisheries Development (IFOP).

Background information on the resource was collected, and a description of the *Venus antiqua* fishery was made, detailing the evolution of the fishery, fishing areas, extraction systems, fleet, and marketing. For this project, three evaluation areas were defined, comprising 1) Ancud Bay, 2) southern sector of the Island of Chiloé, and 3) northern sector of the Aysén Region. The area of extension of this investigation covered 181 provenances with extractive activity of *V. antiqua*. Throughout the study area, data of capture, performance, size and weight structures were obtained. The areas Ancud and South Quellón were the ones that had the most capture records during the period analyzed between 2000 and 2016.

Regarding the health studies of the resource and its relationship with the “red tide”, the effect of this phenomenon was briefly analyzed in three periods of time in 2018 in the Los Lagos Region, observing a decrease in clam landings monitored by the benthic monitoring program of IFOP, during the period that the areas were closed. This study allowed to determine that, once a fisherman’s cove affected by red tide is closed, fishermen go to other areas to exploit the resource, which means that in global terms this effect is not visualized on landings. The red tide event conditions the extraction and, as Díaz et al (2019) points out, in a context of climate change, it is highly probable that these events will be more frequent and of greater temporal and geographical extension in the future.

From a biological database of historical data, analyzes of growth parameters and biological traits were performed. These parameters were estimated for 19 provenances distributed in the tenth Region. For each of these sources, L_{∞} , k , L_0 , age and critical height values were obtained, in addition to natural mortality (M) values based on 7 different estimators. For the total provenances analyzed, an average L_{∞} asymptotic length of 78.4 mm, a $k = 1.94$ and a recruitment size $L_0 = 33.9$ mm were calculated. The critical age was calculated in 6.58 years and the critical size in 58.1 mm. The analysis showed that the growth parameters for each provenance did not show latitudinal patterns. In addition to this, through an analysis of fixed effects via Generalized Linear Models (GLM), the historical bases of biological samples of weight and height

(plus 78 thousand individuals) were analyzed, and it was determined that there are significant spatial and temporal differences in individual weight at the same size.

As for the marking works in the field, 1928 clams were marked in the sectors of Manzano island and Ancud. A recapture event was held in each area, with 70.9% success in Ancud and 26.7% success in Manzano Island. From the data obtained, growth parameters were estimated for the clams of each zone, where great variability was found. It was also found that individuals of Manzano Island have a higher growth rate (annual $K = 0.148$, $p < 0.05$) compared to those of Ancud (annual $K = 0.0274$, $p < 0.05$). Through the use of the Gulland and Holt method, it was determined that the clams of Manzano Island have an asymptotic size of 79.2 mm, reaching an average growth of 8.17 mm in a year once the legal minimum catch size has been reached. On the other hand, due to the lack of recapture of larger individuals, the parameters estimated for Ancud have a large bias and become inaccurate. For the Manzano Island area, the estimated critical age varied between 5.15 years and 7.4 years, while the critical size was observed between 44.9 and 54.7 mm.

In addition, biological samples and reproductive monitoring are shown in both Ancud and Quellón, collecting 60 individuals on a monthly basis for each action between 55 and 70 mm. In Ancud there are individuals, on average, smaller (59.3 mm) and of lower weight (73.1 g) than in Quellón (63.5 mm and 85.1 g). For the sampled individuals the gonadosomatic index was determined, which shows differences by sex and between the months studied, being especially lower in males during May and July for Ancud, while in Quellón the index of females and males do not show greater variability in the months studied. The proportion of mature individuals was on average, for all the months analyzed, higher in Quellón than in Ancud. Reproductive monitoring intensified in the areas of Ancud and Manzano island after identifying the period of maximum reproductive activity (between July and August). The histological analysis allowed us to observe the 4 stages of maturity present in both zones. Particularly in Manzano Island there was a considerable increase in immature individuals, as well as clams in a state of maturation. In Ancud, although the samples are just over a week apart, an increase in the proportion of mature and maturing individuals was observed. From the samples, maturation ogives that allowed determining the size of first maturity in each zone were constructed. These sizes were estimated at 43.2 mm for Ancud, and 41.76 mm for Manzano Island.

Regarding the modeling and evaluation of the population, the performance of different models of stock assessment and abundance indices was explored. Two abundance indices were analyzed: CPUE, and the initial biomass estimator of the CatDyn model. Both indices were generated separately for the Bay of Ancud, and for the southern zone of Chiloé. The performance of four types of integrated stock assessment models,

an age-structured model under equilibrium conditions for poor data fisheries, and a surplus production model was tested. The analysis allowed to demonstrate the applicability and versatility of the evaluation models used. All models showed similar performances in terms of characterizing the main population processes that have been recorded in the clam fishery throughout the X Region and XI North Region. In this regard, the Ancud Bay area is the one that showed the highest rates of population depletion during most of the analyzed time series, with average depletion levels around 20% of the ssb_0 . On the other hand, in the southern sector of the Island of Chiloé, although the levels of fishing mortality have been high during the last decade, the levels of biomass and reduction with respect to its virgin biomass are close to what could be an eventual management objective, that is, a reduction of its reproductive potential to 40% of the original.

On the other hand, and in order to identify management objectives and strategies, a workshop was previously held in the city of Ancud with the participation of agents of the *Undersecretary of Fisheries and Aquaculture* (SUBPESCA), Institute of Fisheries Development (IFOP), users of the artisanal sector, and the project team. This workshop allowed us to collect the perception of fishermen and their experience regarding the main population reductions of *V. antiqua*. The fishermen pointed out that in the most recent years there has been an increase in average sizes, as a result of greater control and greater awareness of the state and conservation of the resource. Complementarily, biological reference points were analyzed and different management strategies to be evaluated were proposed. One of the main reference values showed that clam recruitment in Ancud has registered negative anomalies since 1990, which allows to conclude that both the maximum sustainable yield (MSY) and the reference biomass would have changed over time as consequences of variations in the population scale. The current MSY of the fishery in Ancud Bay is estimated to be close to 2.3 thousand tons. Subsequently and in order to evaluate various exploitation or management strategies, an Operating Model was implemented based on an age-structured model of the *MODBENTO/MESTOCK/SS3* type. Complementary and as an input in these models, random samples of both the *CatDyn* index and the CPUE estimated in the model adjustment process were tested.

The Operating Model was used to replicate 200 realizations of the “reality” projected to 10 years in the future, where each realization of the population is projected according to the established BAC. Based on the results of the MO, 9 decision rules were evaluated, which addressed constant effort, constant catches, ramps based on CPUE, CBA proportional to CPUE, and ramps based on stock assessment. The control rules presented exhibit similar behaviors to each other, and in general with little difference (maximum 15%) in most of the variables considered. A similar analysis carried out in a scenario of poor data in the XI Region showed that all strategies based on the biomass trend, recovered the population in the period evaluated,

whether for empirical strategies based on effort, sizes, or closures of areas. The best performers were those referring to area closures and effort control, and the worst performers were those based on sizes as control. This objective concluded with the evaluation of the impact on the reduction of the size of first catch, where it was determined that variations in this size produce greater impact depending on the level of fishing mortality, and which sizes of first capture between 50 - 60 mm in length would maximize long-term performance. It was also demonstrated that a reduction of this size to 45 mm, would lead to biomass at values equal to or less than 40% of ssb_0 , and therefore subject to a high risk of falling into over-exploitation conditions.

Finally, a FODA analysis was carried out in order to establish the opportunities and perspectives of the clam fishery in the Region. For this, a survey was applied to 20 people representing SUBPESCA, IFOP, Industries, National Fisheries Service, and researchers with outstanding experience and knowledge in the fishery. Based on this, the results showed that the clam is considered a “buffer” resource that allows to maintain an extractive activity throughout the year, which is compatible with the absence of closure for this resource. In addition, the formation of clam banks allows to generate rotations of areas. However, important deficiencies are made regarding the management of this resource, seeing the clam fishery as a highly vulnerable fishery against *red tide* phenomena and price fluctuations in the market. Besides, the highest proportion of respondents considered that there is a shortage/depletion of the resource, and that is relevant to know the current status of the resource, in order to apply optimal management measures for the fishery.

2. ÍNDICE GENERAL

1.	Resumen Ejecutivo.....	5
2.	Índice General.....	13
3.	Índice de figuras y tablas.....	14
4.	Índice de anexos.....	24
5.	Objetivo General.....	26
6.	Objetivos Específicos.....	26
7.	Antecedentes.....	27
8.	Metodología.....	30
8.1	Objetivo Especifico 1: Analizar y actualizar parámetros de crecimiento y reproductivos de V. antiqua en la X y XI regiones.....	30
8.2	Objetivo específico 2: Evaluar la aplicación de métodos de evaluación de stock indirecta para analizar esta pesquería.....	42
8.3	Objetivo específico 3: Definir estrategias de manejo que consideren la estructura espacial de las poblaciones de V. antiqua y las características del esfuerzo pesquero.....	59
8.4	Objetivo específico 4: Proponer un plan de implementación de las estrategias de manejo identificadas.....	66
9.	Resultados.....	69
9.1	Objetivo Especifico 1: Analizar y actualizar parámetros de crecimiento y reproductivos de V. antiqua en la X y XI regiones.....	69
9.2	Objetivo específico 2: Evaluar la aplicación de métodos de evaluación de stock indirecta para analizar esta pesquería.....	118
9.3	Objetivo específico 3: Definir estrategias de manejo que consideren la estructura espacial de las poblaciones de V. antiqua y las características del esfuerzo pesquero.....	172
9.3	Objetivo específico 4: Proponer un plan de implementación de las estrategias de manejo identificadas.....	201
10.	Análisis y discusión de resultados.....	217
11.	Conclusiones.....	231
12.	Referencias bibliográficas.....	234
13.	Anexos.....	245

3. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

Figura 1. Zona de estudio donde se desarrolla la pesquería de almejas	28
Figura 2. Mapa de ubicación de los sitios en las regiones de Los Lagos y Aysén, donde se realizó la actividad del marcaje <i>V. antiqua</i>	33
Figura 3. Esquema general de secuencias para dar cuenta del objetivo específico 3	60
Figura 4. Ejemplo de regla de decisión para una pesquería cualquiera. Los criterios límites y objetivos son los Puntos Biológicos de Referencia.	63
Figura 5. Ejemplo de una matriz FODA	67
Figura 6. Vista de <i>Venus antiqua</i> (Tomada por N. Barahona. Carelmapu)	70
Figura 7. Número de usuarios inscritos por género (a) y categoría (b) en la pesquería de almejas en las diferentes regiones de Chile. (Fuente: Sernapesca).	75
Figura 8. Número de usuarios inscritos sin considerar categoría en la pesquería de almejas a nivel nacional y en la Región de Los Lagos (Fuente: Sernapesca).	76
Figura 9. Estadísticas oficiales del desembarque de almeja y diferenciación de otras especies de moluscos bivalvos en Chile (Fuente: Sernapesca).....	77
Figura 10. Comparación entre el desembarque de almejas de la Región de Los Lagos y el desembarcado en la zona norte de la región (Fuente: Sernapesca)	78
Figura 11. N° de procedencias (Proc) totales y con mayores desembarques monitoreados en puertos de la Región de Los Lagos. Periodo 2000 -2018. Porcentaje de representación de la captura de las procedencias con mayor captura por puerto. (Fuente: Seguimiento Bentónico IFOP).	79
Figura 12. Desembarque de almejas por destino. Región de Los Lagos, periodo 2000-2018 (Fuente: Seguimiento Bentónico IFOP).....	81
Figura 13. Precios playa promedios monitoreados en la Región de Los Lagos. Periodo 2000 -2018 (Fuente: Seguimiento Bentónico IFOP).....	81
Figura 14. Exportaciones anuales de almejas y culengue-almeja expresadas en porcentaje, por país de destino. Periodo 2000 -2018 (Fuente: Aduana).	83
Figura 15. Áreas de procedencias del recurso almeja periodo 2000 - 2016 en la Región de Los Lagos y Aysén. El tamaño de los puntos indica la proporción de la captura acumulada por procedencia monitoreada (Fuente: IFOP). En los recuadros de referencia se identifican las macrozonas de aplicación de evaluaciones de stock.	85
Figura 16. Desembarques anuales del monitoreo de almejas en la región de Los Lagos (barras) y en el puerto de Quellón (línea negra). Las barras rojas indican años con mayor presencia de eventos de del fenómeno de marea roja.	86

Figura 17. Desembarques monitoreo de almejas, puntos de monitoreo programa de moluscos bivalvos (PSMB) y polígonos de prohibición de extracción de almejas durante el año 2018 en la región de Los Lagos. 87

Figura 18. A la izquierda: Polígonos y procedencias extractivas que presentaron desembarques en las fechas en que la autoridad sanitaria decretó el cierre del área. A la derecha: desembarques mensuales de las procedencias de pesca donde se declaró desembarque en periodos de cierre. 88

Figura 19. Evolución de los desembarques totales de las procedencias extractivas asociadas al puerto de Quellón. Año 2018. Línea punteada muestra promedio anual de los desembarques y barras rojas periodos de cierre o prohibición de almejas. 89

Figura 20. Participación de la flota en la pesquería de almeja en el periodo 2010 – 2018, por centro de monitoreo (Fuente: Proyecto seguimiento bentónico). 90

Figura 21. Fracción de viajes (% y número) realizado por la flota por centro de monitoreo para extraer almeja en el periodo 2010 – 2018 (Fuente: Proyecto seguimiento bentónico). 90

Figura 22. Valorización de la pesquería de almeja y del total de recursos por puerto en el periodo 2010 – 2018. (Fuente: Proyecto seguimiento bentónico). 91

Figura 23. Porcentaje de aporte a la valorización de los diversos recursos explotados por puerto en el periodo 2010 – 2018 (Fuente: Proyecto seguimiento bentónico). 92

Figura 24. Diseño de la base de datos generada por IFOP mediante el proyecto de seguimiento de pesquerías bentónicas. 93

Figura 25. Mapa con las procedencias seleccionadas para el análisis de heterogeneidad espacial de los parámetros biológicos de la almeja en la Región de los Lagos. 95

Figura 26. Relación peso total vs talla para el total histórico de individuos muestreados hasta la fecha. Se presentan además la densidad de los datos mediante dos histogramas, talla (superior) y peso (derecho). 96

Figura 27. serie mensual y anual para los datos de talla (a) y peso (b) individual. 97

Figura 28. Diagnóstico del ajuste de modelos para las variables a) Talla, y b) peso. Los paneles izquierdos muestran el histograma de los residuales, mientras que los paneles derechos muestran los datos residuales vs los predichos. 98

Figura 29. Gráfico de Quantil-Quantil para las variables a) Talla, y b) Peso. 99

Figura 30. Coeficientes parciales del efecto mensual, anual, y por zona obtenidos de los GLM aplicados a la base de datos biológico de *Venus antiqua* para talla (izq. a, b y c) y peso (der. c, d y e). 100

Figura 31. Talla promedio anual por procedencia. En verde se destacan las procedencias seleccionadas. 101

Figura 32. Gráficos de barra representando la variación entre polígonos (2, 4 y 6) para los parámetros L_{∞} , L_0 , y k 104

Figura 33. Fotografía de la actividad del marcaje de *V. antiqua*. 105

Figura 34. Proporción de incrementos por rangos de talla (mm) en los sectores Ancud e Isla Manzano. Bajo cada barra se señala el N de cada rango.	107
Figura 35. Ajuste de los parámetros de crecimiento con el método Gulland y Holt para las zonas Ancud e isla Manzano. Se señala para cada área la ecuación de regresión y su valor de R^2	108
Figura 36. Variación mensual de la Longitud y Peso total de los ejemplares muestreados en los sectores de Ancud (a, b) y Quellón (c, d).	112
Figura 37. Variación mensual del índice gonadosomático (Media + Desviación estándar) para machos y hembras de V. antiqua obtenidos en el Puerto de Ancud.	113
Figura 38. Proporción mensual de madurez macroscópica de ejemplares machos y hembras de V. antiqua obtenidos en los puertos Ancud y Quellón.	114
Figura 39. Proporción de los estados madurez reproductiva de almeja mensualmente en los sectores de Ancud en la región de Los Lagos e Isla Manzano en la región de Aysén. I: Inmaduro, EM: En Maduración, M: Maduro, D: Desovado.	116
Figura 40. Ojiva de madurez de almeja para ambos sexos en los sectores Ancud e isla Manzano. Proporción de individuos maduros a la talla estimados por el modelo en línea continua y proporciones observadas en círculos. Línea punteada indica intervalo de confianza.	117
Figura 41. Diagrama de los factores del modelo base ajustado a los rendimientos de pesca (log) de almeja en zona de Bahía de Ancud. Se presenta los diagramas de los distintos factores considerados y la comprobación de los supuestos.	119
Figura 42. Diagrama de los factores del modelo base ajustado a los rendimientos de pesca (log) de almeja en la zona sur de la Región de los Lagos. Se presenta los diagramas de los distintos factores considerados y la comprobación de los supuestos.	120
Figura 43. Serie de rendimientos nominales y estandarizados para el índice de abundancia de la pesquería de almeja para la zona de la Bahía de Ancud durante los años 2000 y 2016.	121
Figura 44. Serie de rendimientos nominales y estandarizados para el índice de abundancia de la pesquería de almeja para la zona sur de la Isla de Chiloé durante los años 2000 y 2016.	121
Figura 45. Ajuste del modelo elegido a los datos de almeja de la Bahía de Ancud temporada 2011. Panel superior: datos semanales (puntos), predicción del modelo (línea), biomasa de escape (última semana), y captura total de la temporada.....	123
Figura 46. Ajuste del modelo elegido a los datos de almeja de Quellón temporada 2006. Panel superior: datos semanales (puntos), predicción del modelo (línea), biomasa de escape (última semana), y captura total de la temporada.	126
Figura 47. Disponibilidad de datos para la zona de la Bahía de Ancud.	131
Figura 48. Disponibilidad de datos para la zona del sur de la Isla de Chiloé.	131

Figura 49. Zona de evaluación para la almeja de la zona de la Bahía de Ancud. Los puntos indican los lugares monitoreados por el Proyecto de seguimiento de pesquerías bentónicas de IFOP entre los años 2000 y 2016.	132
Figura 50. Zona de evaluación para la almeja de la zona X norte. Los puntos indican los lugares monitoreados por el Proyecto de seguimiento de pesquerías bentónicas de IFOP entre los años 2000 y 2016.	132
Figura 51. Zona de evaluación para la almeja de la zona sur de la Isla de Chiloé. Los puntos indican los lugares monitoreados por el Proyecto de seguimiento de pesquerías bentónicas de IFOP entre los años 2000 y 2016.	133
Figura 52. Zona de evaluación para la almeja de la zona correspondiente a la Región de Aysén. Los puntos indican los lugares monitoreados y disponibles por el Proyecto de seguimiento de pesquerías bentónicas de IFOP entre los años 2000 y 2016.	133
Figura 53. Serie anual de desembarques para almeja de Ancud entre año 1965 y 2016. La línea segmentada indica el año en el cual se separa la estadística oficial para V. antiqua. (Fuente: Anuario estadístico de pesca, Sernapesca).	134
Figura 54. Serie anual de desembarques para almeja del sur de Chiloé entre año 1967 y 2016. (Fuente: Anuario estadístico de pesca, Sernapesca).	134
Figura 55. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo MESTOCK.....	137
Figura 56. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo MESTOCK. Índice de abundancia Catdyn.	138
Figura 57. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo MODTALLAS.....	139
Figura 58. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo MODTALLAS. Índice de abundancia Catdyn.	140
Figura 59. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo MODBENTO.	141
Figura 60. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo STOCK SINTESIS (SS3).	142
Figura 61. Biomasa desovante de almeja en Bahía Ancud según diversos modelos de evaluación.	144
Figura 62. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MESTOCK.....	146
Figura 63. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MESTOCK. Índice de abundancia Catdyn.	147
Figura 64. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MODTALLASLL.....	148

Figura 65. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MODTALLASLL. Índice de abundancia Catdyn.....	149
Figura 66. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MODBENTO.....	150
Figura 67. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo STOCK SINTESIS.....	151
Figura 68. Biomasa desovante de almeja en X sur- Quellón según diversos modelos de evaluación.....	153
Figura 69. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona XI. Modelo LBSPR.....	155
Figura 70. Indicadores de selectividad, F/M, y Potencial Reproductivo de la Biomasa Desovante para almeja de la zona XI.	156
Figura 71. Simulación en la dispersión de partículas (1: inicio, 2: final) durante 72 horas en la X Región obtenidas de la página CHONOS de IFOP (http://ronin.dgeo.udec.cl/MOSAv2/index.php)	159
Figura 72. CPUE, talla promedio y desembarques de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Los puntos son los datos y la línea el modelo. Escenario S0.....	160
Figura 73. Biomasa desovante, mortalidad por pesca, reclutamientos y potencial desovante de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Escenario S0.	161
Figura 74. CPUE, talla promedio y desembarques de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Los puntos son los datos y la línea el modelo. Escenario S3.....	162
Figura 75. Biomasa desovante, mortalidad por pesca, reclutamientos y potencial desovante de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Escenario S3.	163
Figura 76. CPUE, talla promedio y desembarques de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Los puntos son los datos y la línea el modelo. Escenario S4.....	164
Figura 77. Biomasa desovante, mortalidad por pesca, reclutamientos y potencial desovante de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Escenario S4.	165
Figura 78. Historia y estado actual de explotación de la almeja de la Bahía de Ancud. Modelo PELLA-TOMLINSON.....	171
Figura 79. Historia y estado actual de explotación de la almeja de X sur-Quellón. Modelo PELLA-TOMLINSON	171
Figura 80. Anomalía del reclutamiento anual de almeja en Bahía Ancud. La línea roja representa la tendencia y la línea negra segmentada la disminución del 50% en la escala de los reclutamientos.	174
Figura 81. Puntos Biológicos de referencia (PBR), desembarques y biomasa desovante en equilibrio de largo plazo para distintos valores de mortalidad por pesca en la almeja de Bahía Ancud. Entre paréntesis, el par RMS para cada escenario de productividad. La línea azul representa la situación de largo plazo. La línea roja representa la disminución del 50% en la escala de los reclutamientos. En el recuadro se proporcionan puntos de referencia para los dos regímenes.....	175

Figura 82. Ejemplo de proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a partir del 2018 considerando mantener el esfuerzo de pesca estimado el 2017. La línea roja representa la “realidad”, la línea verde es el valor de referencia objetivo. 178

Figura 83. Ejemplo de proyección-estimación de la biomasa y reclutamientos del stock de almeja en Ancud repetida 200 veces considerando mantener el esfuerzo de pesca estimado el 2017. La línea negra representa la mediana y la línea roja la “realidad” 179

Figura 84. Esquema de las reglas de control de capturas (RCC) evaluadas para la pesquería de Almejas en la bahía de Ancud. La RCC1 supone dos escenarios de mortalidad por pesca constante y capturas variables conforme la biomasa estimada en la evaluación de stock; RCC2 evalúa el desempeño de dos niveles de captura constante; RCC3 son reglas tipo rampla basadas en la CPUE con dos valores de captura constante; RCC4 supone dos escenarios de mortalidad por pesca constante y capturas variables conforme la CPUE observada; RCC5 es una regla de captura tipo rampa en función de la biomasa estimada en la evaluación de stock. 182

Figura 85. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control **RCC1**. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia. A) esfuerzo de pesca constante. B) esfuerzo de pesca aumentado en 50%. 185

Figura 86. Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca proyectada en 10 años **RCC1**. Almeja Bahía Ancud. A) esfuerzo de pesca constante. B) esfuerzo de pesca aumentado en 50%. 186

Figura 87. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control **RCC2**. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia. A) Captura constante 1500 t. B) Captura constante 3000 187

Figura 88. Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca proyectada en 10 años **RCC2**. Almeja Bahía Ancud. A) Captura constante 1500 t. B) Captura constante 3000 t 188

Figura 89. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control **RCC3**. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia. A) Captura constante 1500 t. B) Captura constante 3000 t 189

Figura 90. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control **RCC4**. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia. A) Captura constante 1500 t. B) Captura constante 3000 t 190

Figura 91. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control **RCC5**. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia. 191

Figura 92. Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca proyectada en 10 años **RCC5**. Almeja Bahía Ancud. 191

Figura 93. Diagrama de radar del desempeño de 9 reglas de control de capturas de almejas en Bahía Ancud respecto de 7 variables de desempeño del manejo pesquero. 193

Figura 94. Tendencias de las simulaciones del objetivo basado en biomasa en los 10 años proyectados para cada estrategia evaluada en almeja de la XI región. A) curE, B) curE75, C) matlenlim, D) matlenlim2, E) MRnoreal, F) MRreal y G) slotlim.	196
Figura 95. Tendencias de las simulaciones del objetivo basado en mortalidad por pesca en los 10 años proyectados para cada estrategia evaluada en almeja de la XI región. A) curE, B) curE75, C) matlenlim, D) matlenlim2, E) MRnoreal, F) MRreal y G) slotlim.	197
Figura 96. Rendimiento por recluta en función de la mortalidad por pesca y variaciones en la talla de primera captura	199
Figura 97. Porcentaje del nivel de acuerdo de las fortalezas presentes en la pesquería (ingresos justos y estables).	201
Figura 98. Porcentaje del nivel de acuerdo de las fortalezas presentes en la pesquería (conocimiento sobre el manejo de la pesquería).	202
Figura 99. Porcentaje del nivel de acuerdo de las debilidades presentes en la pesquería (vulnerabilidad frente a fenómenos de marea roja).	202
Figura 100. Porcentaje del nivel de acuerdo de las debilidades presentes en la pesquería (nivel organizacional entre los usuarios).	203
Figura 101. Porcentaje del nivel de acuerdo de las debilidades presentes en la pesquería (dependencia al intermediario y negociación del precio de venta).	203
Figura 102. Porcentaje del nivel de acuerdo de las oportunidades presentes en la pesquería (demanda enfocada hacia recursos de mayor longitud).	204
Figura 103. Porcentaje del nivel de acuerdo de las oportunidades presentes en la pesquería (instancias de discusión/capacitaciones a los usuarios).	204
Figura 104. Porcentaje del nivel de acuerdo de las amenazas presentes en la pesquería (escasez/agotamiento del recurso).	205
Figura 105. Porcentaje del nivel de acuerdo de las amenazas presentes en la pesquería (óptimas medidas de manejo)	205

Tablas

Tabla 1. Estudios de crecimiento de distintas especies de almejas.	72
Tabla 2 . Parámetros de crecimiento estimados en <i>Venus antiqua</i>	72
Tabla 3 . Clave talla-edad de <i>Venus antiqua</i> en diferentes sectores de la Región de Los Lagos	73
Tabla 4. Estudio reproductivo de <i>Venus antiqua</i> en diferentes sectores de la Región de Los Lagos y Aysén	74
Tabla 5. Rangos de eslora de la flota extractora de almeja en la Región de Los Lagos. Año 2018.	80
Tabla 6. Cantidades (t) exportadas de almeja. Período 2000 - 2018.....	82
Tabla 7. Modelos lineares generalizados usados para describir la variabilidad de la talla (mm) y peso (gr) de la especie <i>Venus antiqua</i>	98
Tabla 8. Componentes de la desviación, grados de libertad, porcentaje de desviación explicada y número de parámetros del GLM utilizados para describir la variabilidad de las variables biológicas analizadas. ..	100
Tabla 9. Parámetros de crecimiento para cada procedencia analizada.	102
Tabla 10. Mortalidad natural (M) para cada procedencia analizada mediante distintas metodologías....	103
Tabla 11. Promedio de Parámetros de crecimiento L_{∞} , k, y L_0 para el total de áreas, así como para los polígonos 2, 4 y 6.	104
Tabla 12. Número de ejemplares marcados y recapturados por zona de muestreo y rango de tallas.	106
Tabla 13. Estimación de parámetros de crecimiento L_{∞} y K diario y K anual para las 2 zonas de estudio, sumado al valor de p determinado por la regresión. Se incluye además el crecimiento individual promedio de almeja a los 55 mm.	109
Tabla 14. Estimación de longitud individual anual de almeja en los sectores de Ancud e Isla Manzano, utilizando los parámetros de crecimiento estimados. Estimación para edades 1 a 10.....	109
Tabla 15. Parámetros de Mortalidad natural (M), parámetro (b) de la relación longitud peso, edad crítica (t^*), y talla crítica (L^*) de almeja en los sectores de Ancud e Isla Manzano.	110
Tabla 16. Resumen del seguimiento biológico reproductivo de <i>V. antiqua</i>	111
Tabla 17. ANOVA de un modelo de regresión lineal para la variable respuesta Índice Gonadosomático (%) de almeja versus las variables predictoras meses y sexo, para los sectores Ancud y Quellón.	114
Tabla 18. Ejemplares de almeja analizados por rango de talla mensualmente en los sectores de Ancud en la región de Los Lagos e Isla Manzano en la región de Aysén.....	115
Tabla 19. Parámetros estimados del modelo logístico utilizado para describir la madurez a la talla de almeja. Sexo indeterminado (I), hembras (H) y machos (M). B_0 y B_1 parámetros del modelo.	117

Tabla 20. Descripción de modelos teóricos, funciones y criterios de decisión para cada modelo de estandarización de la CPUE probado en cada área de evaluación para la pesquería de almeja. En gris los modelos seleccionados para la estandarización.	118
Tabla 21. Resumen de los valores estandarizados de CPUE para cada unidad de evaluación.	122
Tabla 22. Modelos de depleción generalizados seleccionados entre 72 o más para cada año de datos de la pesca de almeja de la Bahía de Ancud y sus estimados para los parámetros. SE = error estándar.	124
Continuación de tabla anterior Tabla 23.	125
Tabla 24. Modelos de depleción generalizados seleccionados entre 72 o más para cada año de datos de la pesca de almeja de Quellón y sus estimados para los parámetros. SE = error estándar.	127
Continuación de tabla anterior Tabla 25	128
Continuación de tabla anterior Tabla 26	129
Tabla 27. Principales indicadores de desempeño poblacionales estimados para la almeja en la Bahía de Ancud.	143
Tabla 28. Principales indicadores de desempeño poblacionales estimados para la almeja en la Bahía de Ancud para dos escenarios de hiper-estabilidad de la CPUE respecto de la biomasa explotable. s1: sin hiper-estabilidad. s2: con hiper-estabilidad. LL es la log-verosimilitud de todos los datos.	143
Tabla 29. Principales indicadores de desempeño poblacionales estimados para la almeja en X sur- Quellón	152
Tabla 30. Principales indicadores de desempeño poblacionales estimados para la almeja en la Región X sur- Quellón para dos escenarios de hiper-estabilidad de la CPUE respecto de la biomasa explotable. s1 sin hiper-estabilidad. s2: con hiper-estabilidad. LL es la log-verosimilitud de todos los datos.	152
Tabla 31. Especificaciones biológicas y pesqueras para modelar la población de almejas de la Región de Aysén.	154
Tabla 32. Configuración de los casos analizados del modelo MODMETAPOP aplicado a la información de almeja de la X Región.	158
Tabla 33. Resumen de los casos analizados del modelo MODMETAPOP aplicado a la información de almeja de la X Región.	158
Tabla 34. Datos de entrada y resultados de la estimación de biomazas por parte de CatDyn y del modelo de excedente productivo Pella-Tomlinson, stock de almeja en la Bahía de Ancud. PM: peso medio. BIA: Biomasa inicial anual. SE: error estándar.	168
Tabla 35. Datos de entrada y resultados de la estimación de biomazas por parte de CatDyn y del modelo de excedente productivo Pella-Tomlinson, stock de almeja de X sur-Quellón. PM: peso medio. BIA: Biomasa inicial anual. SE: error estándar.	169
Tabla 36. Estimados de los parámetros del modelo de excedente productivo Pella-Tomlinson de la almeja de la Bahía da Ancud (A) y X sur-Quellón (B).	170

Tabla 37. Resumen de los resultados obtenidos en el primer Taller Técnico.....	173
Tabla 38. Estadígrafos de las distintas reglas de control de capturas (RCC) evaluadas para almeja de la bahía Ancud. MRE: sesgo; MARE: precisión; B: Biomasa; p: probabilidad; D.S: Desviación estándar. Las reglas RCC3.1, RCC3.2, RCC4.1 y RCC4.2 son independientes de la no generan estimación de biomasa (sin evaluación de stock). RPR: Razón de potencial desovante	194
Tabla 39. Tabla Resumen de probabilidades de que el objetivo de manejo en términos de reducción de biomasa se encuentre sobre el 40% de la biomasa virginal para las 7 estrategias de manejo con un alto nivel de cumplimiento de objetivo de manejo. Los colores representan la probabilidad promedio. P <20% (rojo); 21% < P < 40% (amarillo); 41% < P 100% (verde).	198
Tabla 40. Resumen del análisis por recluta de almeja en la X Región frente a cambios en la talla de primera captura según escenarios de crecimiento y madurez	200
Tabla 41. Percepción de las fortalezas y debilidades presentes en la pesquería (análisis interno).....	206
Tabla 42. Percepción de las oportunidades y amenazas presentes en la pesquería (análisis externo).	208
Tabla 43. Acciones de manejo respecto a las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la pesquería identificadas por los encuestados.	209
Tabla 44. Perfil de acción N°1, Planes de formación y transferencia técnica-científica para la explotación sustentable del recurso.....	210
Tabla 45. Perfil de acción N°2, programas dirigidos a elevar capacidades de negociación y de gestión de los pescadores artesanales en la(s) cadena(s) productiva(s) en que participan.	211
Tabla 46. Perfil de acción N°3, Proyecto enfocado a evaluar la regla de decisión para el establecimiento de la veda reproductiva del recurso almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.	212
Tabla 47. Perfil de acción N°4, Proyecto enfocado a evaluar el estado de explotación del recurso almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo.	213
Tabla 48. Perfil de acción N°5, Líneas de financiamiento que permitan potenciar la oferta de productos de buena calidad, inocuos y ajustados a los estándares de mercados.	214
Tabla 49. Perfil de acción N°6, Planes de fortalecimiento del capital social entre los pescadores artesanales participantes en la Bahía de Ancud.	215
Tabla 50. Perfil de acción N°7, Desarrollo de un plan de contingencia frente a fenómeno de marea roja.	216

4. ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Detalles del modelo MESTOCKL	245
Anexo 2. Detalles del modelo MODTALLASLL	247
Anexo 3. Acta Primer Taller Técnico	250
Anexo 4. Lista de participantes del primer taller técnico.....	253
Anexo 5. Códigos de Modelo Operativo	255
Anexo 6. Fotografías del primer taller técnico en Ancud	264
Anexo 7. Presentación del primer taller técnico en Ancud	265
Anexo 8. Acta Primera Reunión de Coordinación.....	268
Anexo 9. Encuesta análisis FODA	270
Anexo 10. Carta de suspensión de taller final.....	274

Equipo de Trabajo

Nombre	Institución	Función
Cristian Canales Ramírez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Jefe de Proyecto. Coordinación de Actividades. Modelamiento y evaluación de stock. Elaboración de Informes. Preparación Talleres. Estimación de parámetros de crecimiento.
Nicolás Adasme Lueiza		Análisis de datos. Modelamiento. Elaboración de Informes. Estimación de parámetros de crecimiento. Participación en talleres.
Nazareth Sánchez Espinoza		Análisis de datos. Modelamiento. Elaboración de informes. Participación en talleres.
Jesús Curiel Pérez		Análisis de datos. Modelamiento. Elaboración de informes. Participación en talleres.
Mauricio Mardones	Instituto de Fomento Pesquero	Análisis de datos. Evaluación de stock. Elaboración de informes. Participación en talleres.
Nancy Barahona		Análisis de datos de la pesquería, participación en talleres, elaboración de informes.
Juan Carlos Quiroz		Análisis de datos. Evaluación de stock. Participación en talleres.
Pablo Araya		Análisis de datos de la pesquería, participación en talleres, elaboración de informes.
Carlos Molinet Flores	Universidad Austral de Chile	Procesamiento y análisis de datos. Coordinación y ejecución actividades de campo. Elaboración de informes. Supervisión técnica de campo. Participación en talleres
Jorge Henríquez Moreira		Procesamiento y análisis de datos. Elaboración de informes. Supervisión técnica de campo. Preparación y organización de talleres. Participación en talleres.
Manuel Díaz Gómez		Marcaje, recaptura, toma de muestras. Elaboración de informes.
Rubén Roa Ureta		Procesamiento y análisis de datos. Elaboración de informes. Modelamiento. Participación en talleres.
Leny Cares Pérez		Análisis histológico. Elaboración de informes. Participación en talleres.

5. OBJETIVO GENERAL

Proponer estrategias de manejo para la almeja (*V. antiqua*) en las principales zonas de extracción de la X y XI regiones, en base a la revisión y actualización de parámetros reproductivos y de crecimiento.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 6.1. Analizar y actualizar parámetros de crecimiento y reproductivos de *V. antiqua* en la X y XI regiones.
- 6.2. Evaluar la aplicación de métodos de evaluación de stock indirecta para analizar esta pesquería.
- 6.3. Definir estrategias de manejo que consideren la estructura espacial de las poblaciones de *V. antiqua* y las características del esfuerzo pesquero.
- 6.4. Proponer un plan de implementación de las estrategias de manejo identificadas.

7. ANTECEDENTES

La pesquería del recurso almeja es una de las más antiguas a nivel nacional, contando con estadísticas de desembarque desde 1966. Bajo este concepto se han agrupado tradicionalmente alrededor de ocho especies indistintamente, por lo que se le considera un recurso multiespecífico. Sin embargo, desde 1997 se registra el desembarque de la especie *Venus antiqua* de manera independiente en el Anuario Estadístico de Pesca, asociada mayoritariamente a la Región de Los Lagos y Aysén. No obstante, lo anterior, la única medida de administración que se aplica a las almejas en general (independiente de la especie), es una talla mínima legal de extracción que data desde 1984, fundamentada en estudios previos a esa fecha, por lo que se estima que no necesariamente corresponderían a una especie en particular.

Luego de más de 30 años de extracción sostenida sobre el recurso, la presión pesquera ejercida de manera selectiva sobre las tallas mayores de cada banco natural, en conjunto con indicios de sobreexplotación (volúmenes de desembarque menores y desplazamiento de la flota hacia áreas de pesca cada vez más distantes) y otros factores ambientales, pueden estar ocasionando un impacto tanto en el estado de condición de las poblaciones como en sus parámetros biológicos, en términos de crecimiento y reproducción. La carencia de información actualizada y especie-específica impide una revisión de la medida de administración y pone en duda la efectividad de la misma, por lo que se hace necesario actualizar el conocimiento respecto del recurso, en las áreas tradicionalmente explotadas (Región de Los Lagos) y en la zona hacia la cual la flota se ha desplazado generando una pesquería en desarrollo (Región Aysén).

Por otro lado, y pese a la existencia de un Plan de Manejo, no se han diseñado ni propuesto estrategias de manejo, así como tampoco se ha definido objetivos de manejo para esta pesquería. De acuerdo a lo anterior, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca) asigna gran relevancia efectuar un estudio que permita proponer estrategias de manejo para este recurso, basado en información de su ciclo de vida con el propósito de mejorar su administración. Cabe señalar que esta pesquería es parte de aquellas administradas bajo el régimen de Zona Contigua, en el marco del plan de manejo de pesquerías bentónicas de las regiones de Los Lagos y Aysén (**Figura 1**).

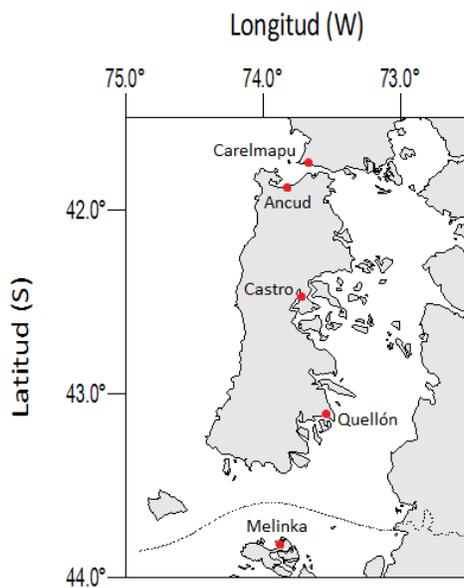


Figura 1. Zona de estudio donde se desarrolla la pesquería de almejas

Debido a que la almeja es una especie bentónica sedentaria, cuyos patrones de distribución heterogéneos son explicados por efectos de primer orden (disponibilidad de hábitat) y de segundo orden (competencia, mortalidad, etc) (ej. Caddy, 1989) su pesquería debe ser analizada como una pesquería espacialmente estructurada, esto es en unidades espaciales relativamente discretas (ej. Orensanz, 1986; Orensanz and Jamieson, 1998; Orensanz *et al.*, 2006).

Se ha observado que la estructura espacial de parches de almejas está representada por subpoblaciones (sensu Orensanz *et al.*, 2006) de 6-200 ha (Molinet *et al.*, 2010; Seguel *et al.*, 2011). La estructura de las subpoblaciones de almejas se puede clasificar como mesoescala, en la que opera la dinámica de contracción y expansión, las que pueden persistir, extinguirse y resurgir en periodos de tiempo que incluyen más de una generación. Ya que estas subpoblaciones pueden ser delimitadas es posible diseñar e implementar estrategias de manejo diferenciadas por subpoblación que permitan observar, a través del seguimiento, su contracción/expansión, retroalimentando la toma de decisiones de parte de los usuarios. Más aun considerando que en este caso la pesquería está en un contexto de Plan de Manejo.

La información básica disponible, acerca de almejas *Venus antiqua* en Chile, se concentra en reportes, los que en muchos casos no son de fácil acceso. Barahona *et al.*, (2013) hacen un extenso análisis de la información disponible para el recurso almeja en la Región de Los Lagos y Aysén. Estos autores citan 7

trabajos sobre crecimiento en almejas *V. antiqua*. Los resultados de todos los autores muestran variabilidad entre los 10 bancos estudiados, con incrementos máximos de alrededor de 10 mm por año e incrementos mínimos de alrededor de 6 mm por año.

En cuanto al comportamiento reproductivo de *V. antiqua* en la Región de Los Lagos y Aysén, se describen 6 trabajos, los cuales sugieren una talla de primera madurez varía entre 30 y 54 mm en 15 bancos estudiados. Lozada y Bustos (1984) observaron que el primer desove ocurrió a 46.6 mm, y a 48.3 mm para hembras. Sin embargo, Jaramillo *et al.*, (2003) (FIP 2001-27) trabajando en Chiloé y la Región de Aysén ajustaron este valor a 38 mm para hembras.

Lamentablemente, los estudios reproductivos no aportaron con una ojiva de madurez para *V. antiqua* que permita evaluar cuando el 100% de la población puede realizar su aporte reproductivo a la población, aunque esta se puede reconstruir con la información disponible. Bustos *et al.*, (2013) reanalizaron la información reportada por Jaramillo *et al.*, (2003), concluyendo que *V. antiqua* alcanzaría 55 mm en 1.8 años lo que contrasta con información publicada por Clasing *et al.*, (1994), Stead *et al.*, (1997) con marcaje de individuos y con lo reportado por Jaramillo *et al.*, (2003) con lectura de anillos. Estos tres autores coinciden en tasas de crecimiento de alrededor de 1 cm por año para *V. antiqua*.

Considerando la estructura de talla de la pesquería de *V. antiqua* (ej. Ariz *et al.*, 2009), es posible suponer la existencia de efectos antrópicos sobre el patrón de crecimiento asociados a la pesca (particularmente en la zona norte de la Región de Los Lagos), como se ha sugerido para el patrón de crecimiento individual del recurso erizo (*Loxechinus albus*), (Schuhbauer *et al.*, 2010; Molinet *et al.*, 2013, Balboa *et al.*, 2018). En esta zona Jerez y Figueroa (2008) y Ariz *et al.*, (2009) mostraron la evolución de la pesquería en la Bahía de Ancud (zona donde se tiene una estadística más representativa), la que pasó desde un desembarque de alrededor de 9000 t en 1991 a alrededor de 2000 t en 2005 y actualmente alrededor de 300 t (Barahona *et al.*, 2014).

La disminución de la estructura de tamaños de la población inducida por la presión selectiva de la pesquería puede conducir a respuestas evolutivas (Pérez-Ruzafa *et al.*, 2006; Swain *et al.*, 2007; Hutchings and Fraser, 2008). El efecto selectivo de la pesca sobre los individuos de mayor tamaño incluye efectos sobre la genética poblacional. Tales cambios pueden dar cuenta de la persistencia de individuos pequeños a la edad a pesar de existir buenas condiciones para el crecimiento y proyectar disminuciones de la pesca por periodos indeterminados (debido a la disminución de las tasas de crecimiento por la selección) (Swain *et al.*, 2007).

8. METODOLOGÍA

8.1 Objetivo Especifico 1: Analizar y actualizar parámetros de crecimiento y reproductivos de *V. antiqua* en la X y XI regiones.

Se realizó una revisión de la literatura respecto a la actividad extractiva de la almeja en la zona estudio (Región de Los Lagos y Aysén), enfocándose en aspectos sociales, económicos, productivos y biológicos, permitiendo obtener una caracterización de la pesquería del recurso bajo estudio.

En relación a los trabajos de campo, la actividad de marcaje se realizó en la macrozona de la Región de Los Lagos y Aysén, donde se seleccionaron 2 sitios de estudios, uno en cada región, con el objetivo de representar adecuadamente el área de estudio y orientar apropiadamente las actividades del seguimiento reproductivo en terreno. Los sitios seleccionados fueron El manzano y la Bahía de Ancud, dado que cumplían con la disponibilidad de abundancia suficiente para asegurar la toma de muestras para el ciclo reproductivo y crecimiento, y el nivel de extracción para la actividad de marcaje y recaptura. Se realizaron además, campañas de muestreos biológicos en los sitios Ancud y Quellón, cuyos detalles son explicados más adelante.

- **Revisión de parámetros biológicos**

A partir de la revisión bibliográfica de proyectos de investigación asociadas al recurso almeja, fue posible actualizar el trabajo ya realizado con datos disponibles a nivel nacional hasta el año 2017, enfocándose principalmente en los tópicos de parámetros del ciclo reproductivo, crecimiento, mortalidad natural, talla crítica y estructura de talla poblacional del recurso para la costa de Chile. Los parámetros biológicos recolectados del recurso fueron utilizados de valores *a priori* en las etapas de estimación de parámetros de crecimiento que se informa más adelante, esto bajo un contraste bayesiano respecto del nivel de información que proveen los datos analizados. En particular, los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy fueron condicionados de la forma *a posteriori*.

$$p(\theta|\text{datos}) = p(\text{datos}|\theta)p(\theta)$$

Donde y a manera de ejemplo, el vector por resolver $\theta = l_{00}, k, t_0$, está determinado por la verosimilitud de los datos condicionada a los parámetros $p(\text{datos}|\theta)$ penalizada por la distribución (ie, restricción del espacio paramétrico) de los parámetros de interés. Por ejemplo suponer que $l_{00} \sim N(L_{00}, \delta)$.

Complementariamente, se procedió a trabajar las bases completas del Programa de Seguimiento de Pesquerías Bentónicas con el objetivo de analizar la heterogeneidad espacial de los parámetros biológicos de almeja en la zona de estudio. En primera instancia, se enlistaron los datos referidos a las estructuras de tallas y luego los datos relativos a las relaciones gravimétricas de almeja.

- **Fuente de datos**

En base a la caracterización realizada previamente en la pesquería se pudo identificar las zonas pesqueras más importantes como el nivel de esfuerzo ejercido a través del tiempo sobre ellas. Se empleó, además, el número de usuarios inscritos en ella, la fuente de datos fue el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) y, para conocer el mercado externo de este recurso se emplearon datos de aduana.

Considerando que el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) desde hace más de tres décadas ha mantenido un monitoreo permanente de la pesquería de almeja *Venus antiqua* en la zona de estudio, disponiendo a la fecha de bases de datos estandarizadas asociados a la actividad extractiva, tamaños de las almejas desembarcadas y medidas de longitud-peso de una muestra de los ejemplares explotados por año, puerto y mes. Con los datos disponibles se estructuró una base de datos relacional en formato Access, lo que facilitó la revisión y validación en una primera fase y, posteriormente, la estimación de diversos indicadores tanto pesqueros como biológicos.

Complementariamente, se había estimado que un análisis del comportamiento temporal (mensual) de la pesquería versus otros recursos bentónicos explotados en los mismos centros de desembarque de almeja, darían luces respecto a la importancia y dinámica de esta actividad pesquera respecto a otros recursos extraídos por la misma flota. Sin embargo, se desestimó aplicar esta metodología dado que el recurso objetivo estaba claramente definido. Por otro lado, se analizaron los programas de salud de moluscos bivalvos y monitoreo de marea roja, con el objetivo de identificar su relación y efecto sobre la actividad extractiva de la almeja, los que a priori se consideran relevante y afectan a los usuarios y al manejo del recurso en la zona de estudio.

La base de datos de IFOP quedó disponible para la modelación y para fines de su evaluación en el marco de la ejecución de este proyecto. Una vez obtenida la base, se procesaron y filtraron los datos por regiones, procedencias y puertos de interés para el análisis. De ellas se obtuvieron los datos asociados a las bitácoras

de pesca que contenían registros relativos a la fecha, lugar y cantidad de recurso extraído y, esfuerzo aplicado, como la base con los registros de tallas y las relaciones de longitud y peso del recurso.

En resumen, las principales fuentes de información revisadas para este proyecto y que se detallan a continuación, fueron;

- I. El monitoreo de la pesquería fue la principal fuente de datos y proviene de la Base de Datos del Instituto de Fomento Pesquero, la que fue poblada por el levantamiento de información que se realiza a partir del convenio Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura (ASIPA), encargado por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura a IFOP desde el año 1996 en el llamado “Proyecto de Seguimiento de Pesquerías Bentónicas”. Esto permitió obtener indicadores como la captura por unidad de esfuerzo, las estructuras de tamaños, el peso medio a la talla, entre otros;
- II. Estudios científicos que reportan información asociada a los parámetros del ciclo vital de la especie, como la mortalidad natural, parámetros de crecimiento y ojiva de madurez, entre otros.
- III. Otras fuentes de información, como las estadísticas oficiales de desembarques, sistematizadas por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y aduana.

- **Marcaje y recaptura**

La actividad de marcaje fue realizada en 2 zonas, en la Bahía de Ancud en la Región de Los Lagos y el sector de El Manzano (Localidad de Melinka), en la Región de Aysén (**Figura 2**). Los sectores fueron seleccionados por el nivel de protección hacia los ejemplares marcados, tratando de disminuir así la pérdida por motivos de la extracción de buzos mariscadores. Para la Región de Los Lagos, el sector seleccionado se ubica al interior de la Zona de Resguardo de la Bahía de Ancud (D. Ex. N° 768/2017), mientras que, en la Región de Aysén, corresponde a un sector protegido y en donde no se registra extracción del recurso almeja (*Venus antiqua*).

En el sector de El Manzano, la actividad de marcaje fue realizado el 28 de enero de 2019 a bordo de una embarcación, en tanto que, en el sector de Ancud el muestreo se realizó el día 6 de febrero de 2019, en el muelle artesanal. La recolección de los ejemplares y manipulación de los individuos fue efectuada, poniendo especial cuidado en no alterar excesivamente a los ejemplares, realizando recambio continuo de agua de mar para evitar la desecación y/o aumento de la temperatura a niveles estresantes para los organismos. Los ejemplares recolectados fueron agrupados en intervalos de talla de 10 mm, desde 10 a 70

mm, y un rango mayor de 70 mm, marcando aproximadamente 150 individuos por rango de talla con un rotulador indeleble y cubiertos con un adhesivo transparente. A los ejemplares marcados, se les registró la longitud y altura de la concha con un pie de metro de 0,1 mm de precisión. La devolución de los individuos fue realizada en el mismo lugar de recolección, removiendo aproximadamente 10 cm de sedimento para depositar las almejas, y de modo de ayudarles a quedar nuevamente enterradas. El sector de disposición de los ejemplares marcados fue georreferenciado con GPS cartográfico.

La recaptura de los ejemplares marcados fue realizada de forma mensual durante un periodo de 3 meses, cuyos resultados fueron utilizados para la estimación de parámetros de crecimiento, de manera de observar el crecimiento individual de forma estacional. La actividad de recaptura fue realizada mediante buceo hooka en cada una de las zonas donde se depositaron los individuos de almeja marcados. El buzo recorrió de manera exhaustiva la zona con el objetivo de recapturar la mayor cantidad de ejemplares. El esfuerzo de muestreo se estimó en un total de 4 a 6 horas de búsqueda por sector. Los individuos colectados fueron dispuestos en bandejas con agua de mar, para luego efectuar las mediciones de talla según lo descrito anteriormente.

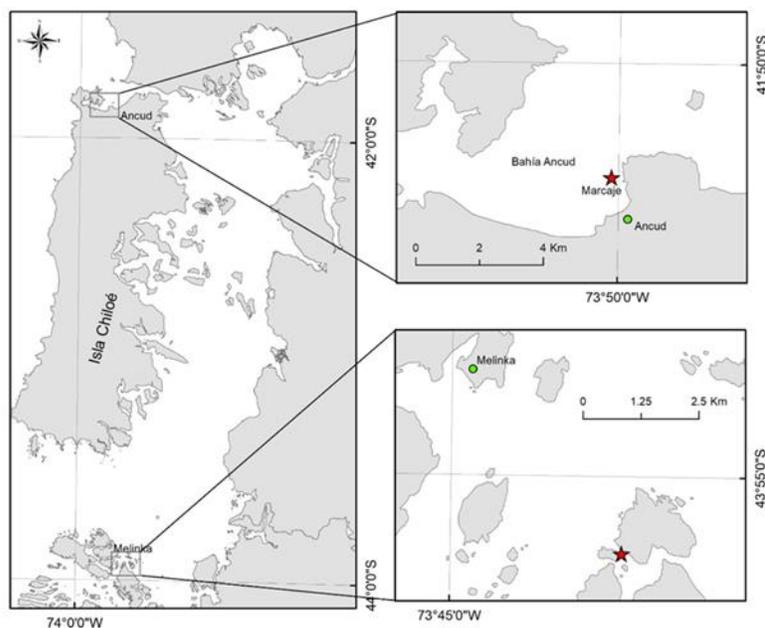


Figura 2. Mapa de ubicación de los sitios en las regiones de Los Lagos y Aysén, donde se realizó la actividad del marcaje *V. antiqua*.

- **Estimación de parámetros de crecimiento por seguimiento de marcas**

A partir de los registros de talla de los muestreos de marcaje se estimó la tasa absoluta de crecimiento (r_{ij}) en mm/día por talla (l), cuya expresión individual está dada por:

$$r = \frac{L_{ij} - L_{ij-1}}{t_j - t_{j-1}}$$

Donde i = ejemplar medido para $i=1,2,\dots,n$; j = talla final con $L_{ij} = 1,2,\dots,8$; $j-1$ = talla referencial inicial; L_{ij} = talla final del ejemplar “ i ” en el instante t_j ; t_{j-1} = fecha correspondiente al primer registro de longitud del grupo de talla $j-1$; t_j = fecha correspondiente al segundo registro de longitud del grupo de talla j .

Con esta información de base se estimaron los parámetros de crecimiento (L_{∞} y K) de la función de von Bertalanffy mediante ajuste lineal siguiendo a Gulland & Holt (1959). El procedimiento consistió en graficar los valores de la tasa de crecimiento, expresada en mm/día versus la talla media del individuo ((talla inicial + talla final) / 2). Luego se estimó la regresión, correspondiendo la pendiente $-b$ al valor de la tasa de crecimiento (K) y el intercepto (a) dividido por la pendiente al valor de la longitud asintótica ($-a/b = L_{\infty}$) de la función de crecimiento de von Bertalanffy (Gulland & Holt, 1959; Gayanilo et al., 1996).

- **Estimación de parámetros de crecimiento por identificación de componentes modales e identificación de patrones espaciales**

La variabilidad geográfica de las estimaciones de crecimiento de este recurso fue analizada a partir de un análisis integrado de todas las estructuras de tallas históricas disponible de cada una de las procedencias entre la Región de Los Lagos y Aysén. Para estos fines, se utilizó el modelo MCCT (Modelo de Crecimiento a partir de Composiciones de Tallas) formulado por Canales y Arana (2009). Se analizaron los muestreos históricos de longitud realizado por IFOP desde el 2003 hasta el 2016, bajo distintos escenarios considerando como referencia *a priori* los parámetros obtenidos de la base de conocimiento biológico generada, como los obtenidos del experimento de marcaje-recaptura.

El modelo de Canales y Arana (2009) supone que existe información en las composiciones de tallas de las capturas respecto de los grupos de edades que las componen y que estos pueden ser caracterizados por tres atributos esenciales:

- la talla modal:

$$L_a = L_{oo}(1 - e^{-k}) + e^{-k}L_{a-1}$$

- la desviación estándar de la talla a la edad (determinada por los parámetros de crecimiento) dependen de dos parámetros por resolver (α y β)

$$\sigma_a = \alpha + \beta a$$

- la proporción de individuos π_a de la respectiva clase anual de manera que la composición de tallas por grupo de edad en un determinado año (t) queda determinada por:

$$\hat{p}_{l,t} = \pi_{a,t} \int f(L_a, \sigma_a) dl$$

donde f es la función de densidad supuesta normal con media y desviación conocida. La estimación de parámetros $\theta=(L_{oo}, k, L_o, \pi_{a,t})$ se resuelve minimizando el negativo de la función de verosimilitud multinomial penalizada

$$-l(\theta|data) = -n \sum_t \sum_l p_{l,t} \log(\hat{p}_{l,t}) + \log(p(\theta))$$

donde n es un tamaño de muestra efectivo (p. ej $n=250$).

A diferencia de modelos como ELEFAN, este sencillo enfoque no persigue explicar la progresión modal, sino determinar por máxima verosimilitud, el conjunto de parámetros de crecimiento y proporción de individuos a la edad que explican la variabilidad inter-muestral de las composiciones de tallas. En este análisis se consideró la mayor cantidad de composiciones de tallas posibles. Esta metodología permitió el ajuste de parámetros para las distintas procedencias, reconociendo la historia de la pesquería y permitiendo la validación con parámetros obtenidos ya sea de las pruebas de campo de marcaje o tomados de la literatura (priors).

- **Variaciones espacio-temporales de los rasgos biológicos y estimación de la talla de primera madurez**

En los análisis de evaluación de stock es común suponer invariantes en los parámetros biológicos en el tiempo y espacio. No considerar estos aspectos espaciales podría determinar resultados muy diferentes en el diagnóstico de las poblaciones (Canales et al 2016a, 2016b).

Para identificar variaciones espaciales en respuesta a la adaptación fenotípica, se analizaron los principales atributos biológicos sobre la base de Modelo Lineal Generalizado (GLM; McCullagh and Nelder, 1989). El uso de GLM en este tipo de análisis permite la evaluación estadística formal de la significancia de distintos efectos fijos sobre una determinada variable, y ha sido ampliamente empleado para modelar variables biológicas y operacionales en diversas pesquerías (e.g. Brandao *et al*, 2004; Cohelo *et al*, 2013; Jiménez *et al*, 2014; Canales *et al.*, 2016a). En el caso de los parámetros de crecimiento, dado el número de muestras para el total de procedencias analizadas, no fueron generados análisis GLM, sino más bien promedios y estimadores indicativos simples tanto por procedencia como por polígono.

Los atributos biológicos analizados, i.e talla individual y peso a la talla, fueron analizados por medio de GLM con el objeto de identificar los efectos espacio-temporales que caracterizan estos atributos biológicos. Ambos atributos fueron analizados considerando los muestreos biológicos históricos en la Región de Los Lagos y Aysén que ha realizado IFOP entre los años 2003 y 2016. Particularmente, el modelo de peso consideró efectos fijos espaciales α_j y temporales β_k (p.ej. trimestre), de manera que la variable predicha es el logaritmo del peso (w) y sus predictores son:

$$\log(w_{i,j,k}) = \mu + \alpha_j + \beta_k + b \log(L_{i,j,k})$$

La función de enlace es “identidad” y la familia gaussiana. Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se evaluó la significancia de los efectos fijos, particularmente los efectos espaciales y temporales. Mientras los efectos temporales dieron ideas complementarias sobre el ciclo reproductivo (variaciones del peso se asociarían al estado de madurez), los efectos espaciales proporcionaron información respecto de la heterogeneidad espacial de los atributos biológicos y su relación con las condiciones del sustrato.

Del mismo modo y luego de realizado un muestreo intensivo durante el período de máxima madurez (observación macroscópica) y ratificada por histología, la proporción de madurez de cada individuo fue representada por variables binarias (maduro o inmaduro) la que en términos de un GLM se modela considerando función de enlace “logit” y la familia binomial. De esta forma, el modelo binomial se representa por:

$$\frac{\pi_{i,j}}{1 - \pi_{i,j}} = \mu + \alpha_j + \delta L_{i,j}$$

donde μ es un parámetro de posición, π es una variable binaria (0 o 1) según clasificación en los efectos respectivos, α es el efecto asociado a la zona y δ el coeficiente asociado al tamaño individual. El modelo logístico y el valor estimado de probabilidad de madurez a un determinado tamaño individual quedo entonces representado por el modelo logístico:

$$\hat{\pi}_{i,j} = \frac{\exp(\mu + \alpha_j + \delta L_{i,j})}{1 + \exp(\mu + \alpha_j + \delta L_{i,j})}$$

De esta forma, la significancia estadística de los efectos fijos ($\theta \neq 0$) queda determinada al 95% si se cumple el criterio:

$$t = \left| \frac{s(\theta)}{\theta} \right| > 1,96$$

donde θ define genéricamente el coeficiente de cualquiera de los efectos fijos antes mencionados y $s(\theta)$ es su respectivo error estándar. La talla al 50% de madurez puede ser luego estimada por zona como:

$$L50_j = \frac{(\mu + \alpha_j)}{\delta}$$

donde la significancia que adopte el parámetro α permitirá establecer si estas son o no diferentes espacialmente.

Seguimiento reproductivo

El seguimiento de las condiciones reproductivas se realizó de manera mensual en 60 ejemplares por área sobre la talla mínima de captura de 55 mm, obtenidos del desembarque en los puertos de Ancud y Quellón en la Región de Los Lagos. Para asegurar muestras durante todo el período de estudio, el origen del desembarque a muestrear en el Puerto de Ancud correspondió a la procedencia de Isla Cochinos en la Bahía de Ancud, mientras que, en el Puerto de Quellón corresponde a la procedencia de Canal Yelcho.

El seguimiento consistió en un muestreo macroscópico de la gónada, en donde se registró la longitud, peso, índice gonadosomático, sexo y estado de madurez macroscópica. La identificación del sexo fue realizada a través de un frotis de la gónada, y la madurez macroscópica se identificó siguiendo lo señalado por Lozada y Bustos (1984), en donde la gónada del ejemplar se encuentra turgente y al romperla escurre con mucha facilidad un líquido lechoso, con gránulos finos que no se observan en los machos. Estos gránulos corresponden a ovocitos.

Una vez identificado el período de máxima actividad reproductiva, se realizó un análisis histológico de la gónada para determinar el estado de madurez microscópica, particularmente en los individuos más pequeños. Para esto, se realizaron nuevos muestreos, los cuales comprenden la recolección de 60 individuos por sector (Ancud e Isla Manzano) durante los 2 meses consecutivos al de identificación del máximo reproductivo (julio-agosto), distribuidos en rango de tallas entre 20 y 80 mm con intervalos de 5 mm. Para el análisis microscópico de cortes histológicos de la gónada se analizaron 5 ejemplares por rango de talla-localidad-mes. En forma previa a la extracción de las gónadas y para cada individuo, se registraron las siguientes variables: Longitud total (mm), peso total (g), peso partes blandas (g), peso gónada (g), sexo, fecha de muestreo, y localidad de procedencia. Las medidas de diámetro total se registraron con pie de metro de 1 mm de precisión y el peso se registró en balanzas electrónica cuya precisión fue de 0,01 gr para la obtención del índice gonadosomático (IGS), que relaciona el peso de la gónada y el peso total, permitiendo obtener una aproximación al ciclo de madurez sexual según las fluctuaciones que experimenta el peso gonádico a lo largo del tiempo.

La muestra para histología consistió en una sección transversal de aproximadamente 5 mm de espesor de la región media de la gónada, la que se fijó en Davidson's durante 24 horas y luego fue traspasado a alcohol de 70º, que posteriormente se deshidrató en una batería de alcohol creciente, aclarado en Xilol e incluido en Paraplast Plus. La muestra incluida fue cortada en secciones de 5 µm de grosor, realizando dos cortes paralelos al eje de la gónada espaciados 400 µm uno del otro para evitar incluir en el segundo corte

ovocitos presentes en el primer corte. Las preparaciones fueron teñidas con Hematoxilina--Eosina (Martoja y Martoja--Pierson, 1970) y montadas con Entellan (Merck).

Las preparaciones histológicas fueron observadas mediante microscopía fotónica, corroborando el sexo del individuo y permitiendo el análisis cualitativo del ciclo reproductivo. Para determinar el estado de madurez gonadal microscópicamente se analizaron las preparaciones histológicas considerando el desarrollo de las líneas germinales, el espacio inter e intratubular y hemocitos.

Estados de Madurez

Los estados de madurez se caracterizaron en base las observaciones realizadas con las muestras y a las descripciones previamente confeccionadas para las mismas especies por Lozada y Bustos (1984), Jaramillo y Navarro (1995); Stead *et al.*, (1997). Se consideraron la ocurrencia de gametos femeninos y masculinos en diferentes estados de la gametogénesis, espacios inter e intracinar, abundancia relativa de tejido conectivo interacinar y presencia de fagocitos.

- Inmaduro: Ausencia de folículos en el tejido gonadal y abundante tejido conectivo especialmente adiposo.
- En maduración: Aumento de los folículos en número y tamaño, desplazando tejido conectivo. En machos los folículos presentan una gruesa capa germinal. En hembras los ovocitos presentan ovocitos en previtelogenesis, unos fijos a la pared y otros maduros en el lumen.
- Maduración: Los folículos invaden todo el tejido gonadal, presentan paredes nítidas y delgadas. En machos las células espermatogénicas están en su mayoría desprendidas de la pared folicular, gran predominio de espermatozoides. En hembras los ovocitos están en su máximo desarrollo, la mayoría libres en el lumen en forma poligonal por la compresión.
- Desovados: Etapa de vaciamiento parcial o total, debido a la liberación progresiva de gametos. Folículos con paredes rugosas, rotas o semivaciados. Tejido interfolicular en cantidad variable, especialmente adiposo. Gran cantidad de amebocitos. Se presentan gametos residuales y en hembras se observan ovocitos en reabsorción.

Índice de Madurez Gonadal (IMG)

Los estados definidos a partir del análisis histológico de las muestras fueron empleados para el cálculo del Índice de Madurez Gonadal (IMG), de acuerdo a Yoshida (1952):

$$IMG = \frac{1}{N} \sum_i n_i F_i$$

IMG = índice de madurez gonadal

F = Estado de desarrollo gametogénico

n = Número de animales en estado F

N = Número de animales en la muestra

- **Parámetros poblacionales: Mortalidad natural y talla crítica**

Tanto la edad y talla crítica como la tasa instantánea de mortalidad natural (M) fueron calculadas en función de los parámetros de crecimiento determinados a partir de data histórica. En consecuencia, existieron tantas estimaciones de talla crítica y M como estimados de crecimiento se disponga en todo el perfil latitudinal considerado (Región de Los Lagos y Aysén). Posteriormente, estas estimaciones fueron tratadas como variables aleatorias para ser analizadas por medio de modelos estadísticos que se detallan a continuación.

Edad crítica

La edad crítica es aquella edad que maximiza el rendimiento en biomasa de una cohorte en ausencia de explotación.

$$\frac{dB_t}{dt} = \frac{d(N_t * w_t)}{dt} = 0$$

Esta edad es respuesta al balance entre el decaimiento en número de una cohorte conforme la edad (tiempo) vs el incremento del peso respecto de la edad y tamaño individual. El estimador de la edad crítica (t^*) viene dada por la ecuación de Sparre & Venema (1995):

$$t^* = t_0 + \frac{1}{k} \ln\left(\frac{bK}{M} + 1\right)$$

mientras la talla crítica se estima directamente del modelo de von Bertalanffy

$$L^* = L_{00}(1 - e^{-k(t^*-t_0)})$$

donde L_{00} , t_0 y k son parámetros del modelo de crecimiento del von Bertalanffy, M es la tasa instantánea de mortalidad natural y b el exponente de la relación longitud-peso. Se estimó la talla crítica para cada una de las procedencias determinadas.

Del mismo modo, la estimación de la mortalidad natural fue realizada mediante métodos bioanalógicos considerando aquellos más apropiados para invertebrados marinos. Estos métodos son a menudo función de los mismos parámetros de crecimiento empleados para la estimación de la talla crítica. De forma similar, se consideró de tantas estimaciones como estimadores y conjunto de parámetros de crecimientos locales se tuvieron.

Método	Estimador
Hoening (1983)	$\ln(M) = 1.44 - 0.982 \ln(t_{max})$
Jensen (1996)	$M = 1.65/t_{mat}$
Gislason et al (2010)	$\ln(M) = 0.551 - 1.61 \ln(L) + 1.44 \ln(L_{\infty}) + \ln(k)$ $= 1.2 - 0.17 \ln(L_{\infty}) + \ln(k)$
Charnov et al. (2012)	$M = 1.82 k$
Appeldoorn, (1988)	$M = 4.001 t_{max}^{-0.923}$
Then et al (2014)	$M = 4.899 t_{max}^{-0.916}$
Brey & Gage (1997)	$\ln(M) = 0.339 + 1.037 \ln(k)$

En las ecuaciones señaladas, t_{max} = edad máxima, t_{mat} = edad de maduración, L_{00} y k son los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy. De manera similar a lo propuesto antes, una vez estimado t^* , L^* y M para cada procedencia, un modelo GLM fue considerado para identificar y evaluar la heterogeneidad y patrones espaciales en los efectos fijos que caracterizan estos atributos biológicos. Además de las estimaciones bioanalógicas antes señaladas, también fueron consideradas las estimaciones temporales (semanales) de M generadas por el modelo de depleción que se indica más adelante.

8.2 Objetivo específico 2: Evaluar la aplicación de métodos de evaluación de stock indirecta para analizar esta pesquería.

Un modelo de evaluación de poblaciones corresponde a un modelo de análisis de datos el cual, basado en elementos explícitos de dinámica de poblaciones, permite realizar mediciones e inferencia sobre el tamaño poblacional y su diagnóstico respecto de referentes de conservación (Puntos Biológicos de Referencia). Las almejas constituyen una pesquería histórica en toda la Región de Los Lagos. Trabajos de evaluación de stock de este recurso son pocos, destacándose como pionero el de Jerez *et al.*, (1991) y más tarde Canales *et al.*, (2013) quienes desarrollan un modelo estadístico de captura a la talla con dinámica en edades, denominado modelo MODBENTO, para realizar la primera evaluación de stock integrada en la Bahía de Ancud. A partir de este último, IFOP ha incluido la actualización regular del estado de situación de almejas en la Región.

Para la selección del modelo de análisis más adecuado con fines de evaluación poblacional, se analizó el desempeño de tres tipos de modelos estadísticos de captura a la talla, con dinámica tanto en edades como tallas, y elementos de conectividad espacial. Para todos los efectos se emplearon las bases de datos del seguimiento de la pesquería de almejas realizado por el IFOP desde mediados de los 60s. El objetivo principal fue identificar el modelo más versátil, que luego fue empleado como modelo operativo para la simulación de estrategias de manejo en distintas escalas espaciales. En este sentido, para el desarrollo y selección de (los) método(s) y modelo(s) candidato(s) se consideraron criterios de parsimonia en su diseño y desempeño estadístico en función de la bondad de ajuste. En esta misma idea se identificaron las brechas de conocimiento e información necesarias para reducir los niveles de incertidumbre.

Los modelos fueron aplicados en tres zonas correspondientes a

- Zona X norte: Ancud-Castro
- Zona X sur: Castro-Quellón
- Zona XI: Zona contigua-Melinka

En términos generales, la elección del tipo de modelos se debe a la calidad de los datos disponibles y para esto, en primer lugar, se debió categorizar el nivel de calidad de información/incertidumbre en cada zona de estudio (e. g., recurso y su pesquería) conforme al nivel de conocimiento, cantidad y calidad de la información disponible, asimilándolas a alguno de los siguientes estándares de calidad (Restrepo *et al.*, 1998):

a) Estándar completo (“Data-Rich”)

Se pueden realizar estimaciones confiables del rendimiento máximo sostenido (RMS) y/o de cantidades relacionadas, así como de la abundancia del stock. La evaluación puede ser sofisticada e incorporar la mayor parte de las fuentes de incertidumbre o bien una cantidad razonable de ella.

b) Estándar medio (“Data-Medium”)

No se disponen de estimaciones confiables del rendimiento máximo sostenido y/o cantidades relacionadas, ya sea porque no están disponibles o bien tienen un uso limitado debido a características particulares de la historia de vida del recurso, a la pobreza o falta de contraste de los datos, alta variabilidad del reclutamiento o cambios ambientales. Sin embargo, existen estimaciones confiables del tamaño del stock y de todos los parámetros claves de la historia de vida (crecimiento) y de la pesquería (selectividad).

c) Estándar pobre (“Data-poor”)

No existen estimados confiables del máximo rendimiento sostenido, de la abundancia del stock, de los parámetros vitales ni de los parámetros de la pesquería. La evaluación es mínima y la incertidumbre se aproxima sólo cualitativamente. No se pueden realizar cálculos de rendimientos por recluta o biomasa desovantes por recluta.

A) Modelos para pesquerías ricas en datos

a. Modelo integrado con dinámica en edades (MESTOCKL-MODBENTO)

Los datos de composiciones de tallas, desembarques y rendimiento de pesca (CPUE) fueron analizados mediante un modelo estadístico de captura a la edad con datos en talla denominado “MESTOCK” (MODBENTO) (Canales *et al.*, 2013). La dinámica poblacional es modelada en edades, pero se utilizan las composiciones de tallas de las capturas como observaciones. El modelo supone un stock cerrado donde el reclutamiento (al primer año de edad) es el resultado del “desove” de un conjunto de bancos o parches vecinos y su sobrevivencia es modulada por cuestiones ambientales, esto significa que los reclutamientos responden a procesos principalmente estocásticos donde la función stock-recluta es difusa (**Anexo 1**).

La captura es estimada en edades y luego es transformada a la talla por medio de un arreglo probabilístico edad-talla que describe la probabilidad condicional de la talla en cada grupo de edad. Las variaciones anuales de las composiciones de tallas reflejan los procesos de explotación talla específicos (selectividad) y del aporte de reclutamientos anuales a la talla, mientras que el índice de abundancia empleado es el reflejo de las variaciones en la biomasa explotable. Se supone que el reclutamiento ocurre a inicios de cada año distribuido sobre cierto rango de tallas siguiendo una distribución de probabilidad normal.

El modelo está basado en un conjunto de parámetros supuestos conocidos (hiper-prior) y otros desconocidos que son el objeto del proceso de estimación, el cual se sustenta en la maximización de la distribución a posteriori de los parámetros y por ende se consideran funciones de verosimilitud como expresión del error de observación, así como distribuciones a priori o penalizaciones en algunos parámetros de interés.

b. Modelo integrado con dinámica y observaciones en tallas (MODTALLALL)

Con un enfoque de modelamiento talla-estructurado se analizaron los datos de composiciones de tallas, desembarques y rendimiento de pesca (CPUE) mediante el modelo denominado “MODTALLASLL”. Considerando la información disponible que se tiene del recurso la utilización de este modelo puede ser el más adecuado, dado que tanto la dinámica poblacional como las observaciones están basadas en tallas (e.g. Sullivan *et al.*, (1990), Punt and Kennedy (1997), Haddon (2011), Turnock and Rugolo (2013), Zheng and

Siddeek (2011). La imposibilidad de precisar a priori el número de grupos de edad limita por una parte el uso de modelos con dinámica en edades y observaciones en tallas (Punt *et al.*, 2013), no obstante existen una aparente contradicción, pues de todos modos se debe lidiar con supuestos relativos al crecimiento y tasa de mortalidad natural (**Anexo 2**). El modelo se basa en algunos conceptos fundamentales:

- El crecimiento es estocástico e instantáneo, y para estos fines se supondrá que los individuos crecen a fines de año. Es estocástico pues existe una distribución de tallas posibles que cada individuo puede lograr después de crecer, esto es, alcanzan distintas longitudes pudiendo incluso permanecer en su misma talla conforme se aproxima a la longitud asintótica.
- La probabilidad de mudar disminuye conforme la talla se aproxima a la longitud asintótica. Para efectos prácticos se supone que esta probabilidad sigue una función logística inversa.
- El reclutamiento ocurre sobre un rango de tallas siguiendo una distribución de probabilidad conocida. A menudo se asume normalidad por simpleza.

Configuración de modelos MESTOCKL-MODTALLALL

- **Condiciones iniciales**

El modelo se inicia en los años donde la pesquería en general era incipiente y por ende supone al primer año de la evaluación una condición virginal y en equilibrio en torno al reclutamiento medio de largo plazo. Esto significa que solo la mortalidad natural es el factor que explica la disminución poblacional a partir del reclutamiento.

- **Reclutamientos**

Los reclutamientos anuales corresponden al grupo de individuos que, de una misma edad, comienzan a ser explotados próximo a la talla legal de capturas. Estas son variables aleatorias tomadas desde una relación stock/recluta tipo Beverton & Holt con error de proceso. Estos desvíos (error de proceso) responden a un proceso multiplicativo que en escala logarítmica son representados por una distribución normal con media

0 y desviación σ_R . En términos prácticos, esto significa que pudiendo existir vínculo entre desovantes y reclutas, esta relación está perturbada por procesos aleatorios ligados a cuestiones ambientales y ecológicas, como es el hecho que en recursos bentónicos predomina el concepto de metapoblación donde el aporte de gametos desde bancos vecinos constituye la masa crítica de larvas sujetas a las condiciones ambientales pre-asentamiento. El modelo S/R es parametrizado en términos del reclutamiento virginal y la pendiente o escarpamiento es supuesta en $h=0.75$.

- **Selectividad y mortalidad por pesca**

En los modelos de evaluación empleados, la selectividad es en forma logística, lo que significa que el grueso de la explotación a la talla está dominado por la demanda de ciertos calibres objeto de la búsqueda de buzos mariscadores para su posterior explotación.

- **Capturabilidad**

La explotación de recursos bentónicos a menudo se resume en la explotación secuencial de bancos vecinos a través del tiempo, esto motivado principalmente por la búsqueda de mejores rendimientos y calibres. En forma natural se provoca el “reposo” de bancos a la espera de su recuperación, de manera que en el rendimiento global o Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) a través del tiempo debería considerar la hiper-estabilidad, la cual se manifiesta a través de una tasa de disminución de la CPUE mucho menor que el de la población verdadera. En el caso de la almeja se supone que este proceso ocurre y entonces la CPUE se supone función de la biomasa explotable sujeta a un parámetro de escala y otro de poder ($b < 1$). De igual modo, la capturabilidad se ha visto afectada por el proceso de eficiencia y cambio de zonas de pesca, por lo que el aumento de la CPUE no siempre se relaciona con el incremento poblacional ni con cambios en la selectividad.

- **Peso estadístico de la información**

La evaluación de stock se sustenta en el ajuste estadístico de un modelo a la información. Para tales efectos es necesario precisar el nivel de error que pudiese tener esta conforme al supuesto de su distribución estadística, destacándose que a menudo los resultados son condicionales a la escala de los desembarques supuestos con mínimo error de observación. Al respecto, las series de CPUE y desembarques fueron

tratadas en escala logarítmicas como variables aleatorias provenientes de una distribución normal con errores estándar de 0.2 y 0.05, respectivamente, mientras que las composiciones de tallas se modelan como variable aleatoria discreta multinomial con tamaño de muestra efectivo $n=20$.

- **Escenarios de análisis**

Con el fin de establecer hipótesis adecuadas respecto de las principales fuentes de incertidumbre y comparar su efecto respecto de la evaluación de la población, en los análisis realizados se consideraron escenarios de modelación la hiper-estabilidad de la CPUE.

c. Modelo integrado de conectividad espacial con dinámica y observaciones en tallas

De manera similar al anterior, se evaluó de manera exploratoria el desempeño del modelo METAPOB formulado por Canales *et al* (2016b) para el análisis de *Heterocarpus reedi* con el objeto de explorar el nivel de conectividad de dos zonas de análisis (X norte y X sur). El modelo es similar al de dinámica talla-específico y considera ecuaciones de balance en base a la proporción de larvas que permanecen o transitan desde y hacia zonas/poblaciones vecinas.

$$N_{t,z} = T_z (S_{t-1,z} N_{t-1,z}) + R_{t,z} \quad (8)$$

$$R_{t,z} = r_{t,z} \varphi_z \quad (9)$$

$$r_{t,z} = \begin{cases} \hat{r}_{t,z} + \pi \hat{r}_{t,z}, & z = 1 \\ \hat{r}_{t,z} (1 - \pi), & z = 2 \end{cases} \quad (10)$$

$$0 \leq \pi \leq 1 \quad (11)$$

La Ec(10) define la conectividad espacial entre zonas y se representa en función del reclutamiento teórico $\hat{r}_{t,z}$ para cada zona (ej 2 zonas) y el parámetro π cuyo dominio se define en Ec (11), el cual mide la fracción de reclutas generados en la zona norte ($z = 1$) que podrían derivar (por advección larvaria) hacia la zona sur ($z = 2$).

A nivel de subpoblaciones y luego del asentamiento larvario, la dinámica de sobrevivientes a los distintos intervalos de longitud es modelada en términos discretos en diversas escalas temporales, a menudo el año. Dependiendo de las hipótesis de conectividad entre poblaciones y de la calidad de los datos, se formularon vínculos entre zonas a través de ecuaciones de dispersión de larvas desde poblaciones fuentes a poblaciones pseudo-sumideros. Por su parte, la sobrevivencia fue determinada por la tasa de mortalidad natural del recurso y la mortalidad por pesca talla-específica siguiendo un patrón de selectividad determinado (e.g., Sullivan et al., 1990; Punt and Kennedy, 1997; Zheng and Siddeek, 2011; Turnock and Rugolo, 2013). El reclutamiento temporal fue generado por la biomasa desovante siguiendo un modelo stock-recluta sujeto a algún nivel de resiliencia y error de proceso. El crecimiento fue modelado vía una matriz de transición de probabilidades entre intervalos de tallas sucesivas en base a los parámetros de crecimiento (Sullivan *et al*, 1990). Los parámetros de crecimiento fueron considerados como distribuciones a priori en el proceso de estimación. El modelo una vez condicionado con parámetros iniciales, proporcionó información teórica relativa a la variabilidad y patrones a observar en los datos cuando se consideraron diversas hipótesis de conectividad en metapoblaciones.

d. Aplicación modelo Stock Síntesis 3 (SS3) en 3 zonas

Con el objeto de comparar el desempeño de modelos integrados respecto de una plataforma de uso corriente en evaluación de stock mundial, se realizó la evaluación de stock SS3 en la Bahía de Ancud y en la zona sur de la Isla de Chiloé, ambas en la Región de Los Lagos. Stock Synthesis (SS) es un marco estadístico de modelamiento de una población de recursos marinos estructurado por edad que se ha aplicado en una amplia variedad de evaluaciones de peces a nivel mundial. El marco es altamente escalable desde situaciones débiles en datos donde opera como un modelo de producción estructurado por edad, hasta situaciones complejas donde puede incorporar de manera flexible múltiples fuentes de datos y cuentas para procesos biológicos y ambientales. SS implementa dinámicas de población compensatorias a través del uso de una función sobre el reclutamiento promedio para la producción reproductiva de los reproductores. Esta función mejora la capacidad de SS para operar en situaciones débiles en datos y permite estimar el manejo pesquero, como tasas que proporcionarían un Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), y emplear estas tasas en las predicciones de rendimiento potencial y estado del stock futuro. Es posible configurar situaciones complejas tales como múltiples áreas y múltiples morfologías de crecimiento. SS está codificado usando Auto-Differentiation Model Builder, por lo que hereda su capacidad para detectar cientos de parámetros usando la máxima verosimilitud o inferencia bayesiana. El procesamiento de salida,

principalmente a través de un paquete desarrollado en R, permite un diagnóstico de modelo rápido. Se proporcionan detalles de la dinámica de la población subyacente y el marco estadístico utilizado dentro de SS (Method & Wetzel, 2013).

Según Methot (2009) uno de los principales beneficios de trabajar con esta plataforma de modelado es que mejora la comunicación, la eficiencia y la educación en la comunidad de evaluación pesquera. Reduce el tiempo que lleva producir un informe de evaluación gracias a un paquete de procesamiento de salidas r4ss. Además, reduce el riesgo de errores en los códigos, ya que son códigos probados y estandarizados.

Para la evaluación de recursos bentónicos como la almeja de las Regiones de Los Lagos y de Aysén, esta herramienta de modelación es muy útil para el proceso de estandarización de entrada y salida de datos al modelo, y de los resultados. Además, existe una menor dependencia de capacidades de codificación, lo que facilitaría la implementación de modelos alternativos si ello fuese necesario. Es por ello que se decidió explorar en SS, lo cual facilita la posterior Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM; Hilborn, 2003; Punt, 2008, Methot, 2009) que determinen los stakeholders de esta pesquería.

B) Modelos para pesquerías pobres en datos

a. Modelo basado en estructuras de tallas para estimar relación potencial de desove

En función de desarrollar métodos que impliquen bajos costos para la evaluación de poblaciones, y en donde se cuente con pocos datos relativos a la pesquería del recurso, Hordyk *et al.*, (2015) proponen una metodología basada en las estructuras de longitudes y ciertos parámetros de vida para proveer de estimaciones del status de la población y usarlos como un útil instrumento de manejo.

Debido a datos faltantes asociados a las capturas y estructura de tallas para Región de Aysén, se utilizó un modelo de análisis en equilibrio estructurado por rango de tallas iguales y con paso de tiempo variable. El modelo es codificado R-CRAN (R Development Core Team, 2003) y como información de entrada se alimenta por la estructura de tallas (años 2012, 2013 y 2014), el vector de madurez y pesos medios a la talla y los parámetros biológicos de vida. Este modelo de evaluación nos da indicios del patrón de explotación actual de la pesquería en esa zona, el nivel de mortalidad por pesca y los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) que son de gran utilidad para el diagnóstico.

Trabajos recientes han demostrado que, en condiciones de equilibrio (es decir, F constante y sin variabilidad del reclutamiento) y suponiendo la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, la mortalidad

natural constante para todas las edades, y la selectividad jack-knife, la estandarización de la composición de longitudes de dos poblaciones con la misma relación de mortalidad natural a la tasa de crecimiento (M/k) y la misma proporción de mortalidad por pesca a la mortalidad natural (F/M) será idéntica (Hordyk *et al.*, 2015). La extensión de este modelo para incorporar variabilidad en la talla por edad y selectividad logística confirma que, en situación de equilibrio, la composición de la duración prevista de la captura de una población explotada está determinada principalmente por las proporciones de M / k y F / M . Los modelos analíticos desarrollados en Hordyk *et al.*, (2015) sugieren que con el conocimiento de la longitud asintótica L_{∞} de von Bertalanffy y el coeficiente de variación en L_{∞} (CVL_{∞}), la razón de la mortalidad total al coeficiente de crecimiento de von Bertalanffy (Z / k) para una determinada población puede estimarse a partir de una muestra representativa de la estructura de tallas de la captura. Si también se conoce M / k (a partir de meta-análisis, la teoría de la historia de vida, la opinión de expertos, o estudios biológicos de una población), entonces los resultados de Hordyk *et al.*, (2015) sugieren que es posible estimar F / M de la composición de la captura. A menudo la relación de F / M se ha utilizado como un punto de referencia biológica (Zhou *et al.*, 2012).

Un desafío constante para los métodos basados tallas ha sido proporcionar indicadores del estado del stock que se pueden comparar con los puntos de referencia biológicos predeterminados. La relación potencial de desove (SPR) de una población se define como la proporción de la reproducción no explotada potencial en cualquier nivel dado de presión de la pesca (Goodyear, 1993; Walters y Martell, 2004) y comúnmente se utiliza para establecer los puntos de referencia límite y objetivo. Por definición, la SPR es igual a 100% en una población no explotada, y cero en un stock sin desove (por ejemplo, todos los peces maduros se han eliminado, o todas las hembras han sido capturadas). El F40%, es decir, la mortalidad por pesca tasa que se traduce en $SPR = 40\%$, se considera de riesgo para muchas especies (Clark, 2002). Puntos biológicos adecuados de SPR se pueden derivar de las hipótesis acerca de la inclinación de la relación población-recluta (Brooks *et al.*, 2010). Hordyk *et al.*, (2015) demuestran que, en virtud de los supuestos del selectividad filo de la navaja por talla en L_c , y madurez a L_m , el SPR está determinada por las proporciones de M / k , F / M , L_m / L_{∞} , y L_c / L_{∞} .

El modelo LB-SPR requiere los siguientes parámetros: una estimación de la relación M / k (asumiendo conocidos ambos valores), L_{∞} , CVL_{∞} , y conocimiento de la madurez por talla (ojiva de madurez) y utiliza datos sobre la composición por tallas de la captura para estimar la SPR.

El SPR para distintos grupos taxonómicos fue calculado siguiendo Goodyear (1993), donde calcula la razón entre el promedio de la producción de huevos en la vida por recluta (EP) en situación de equilibrio para recursos pescados y no pescados, asumiendo supresión denso-dependiente de madurez o fecundidad.

$$SPR = \frac{EP_{capturado}}{EP_{no\ capturado}}$$

Donde

$$E_{capturado} = \sum_a \begin{cases} E_a, & \text{for } a = 0 \\ e^{-Z_{a-1}aE_a}, & \text{for } 0 < a < a_{max} \end{cases}$$

Donde $Z_a = M + S_aF$, y

$$E_{no\ capturado} = \sum_a E_a e^{-Ma}$$

Los estudios realizados por Mace y Sissenwine (1993) definieron para un grupo diverso de taxones de peces e invertebrados el nivel potencial de desove necesario para recuperar las poblaciones. En base a esos resultados se han definido los puntos de referencia, de acuerdo a los estudios sobre ostiones del Atlántico, en donde el nivel de reemplazo es de entre el 20 y 39% del SPR, los cuales serán usados para la almeja de la Región de Aysén.

a. Modelo de depleción generalizado para la estimación de índices de abundancia (Modelo de Evaluación de Evaluación de Stock Jerárquico)

Esta metodología está descrita en Roa-Ureta *et al.*, (2015) y fue desarrollada para la evaluación de stock del erizo de la Macrozona X-XI, realizándose con éxito a varios niveles de desarrollo desde 2010. Sus resultados han servido de base para los decretos anuales de cuotas de captura por parte de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, conduciendo gradualmente a un descenso desde 18 mil a 15500 toneladas durante el período indicado. Además de la evaluación de stock para la Macrozona la metodología también se emplea como base para la distribución de la cuota a una escala espacial más fina. La metodología también se empleó con éxito en la evaluación de stock del pulpo de la Región de Los Lagos, proyecto FIPA 2016-41 (Molinet *et. al*, 2018) y el proyecto metodológico FIPA 2017-55, pesquerías de huego del Golfo de Arauco y de la almeja en

el Golfo de Ancud y en la Macrozona X-XI (Molinet *et. al*, 2019). La descripción técnica completa de la metodología está disponible en el artículo científico citado y el software desarrollado para su aplicación también está disponible libremente y es de código abierto ([CatDyn 1.1-1](#)).

La metodología consiste en tres etapas. La primera etapa consiste en estimar modelos de depleción generalizados (*mdg*) para cada año separadamente con datos de capturas, esfuerzo de pesca, y pesos medios semanales. Luego en la segunda etapa se calculan las biomazas iniciales y sus errores estándar separadamente para cada año utilizando los valores de los parámetros estimados por los *mdg*, sus errores estándar, y sus matrices de correlación entre estimados. Finalmente, en la tercera etapa se estima un modelo de producción excedente del tipo Pella-Tomlinson utilizando las biomazas iniciales estimadas previamente y sus errores estándar. La función de verosimilitud definida en esta etapa es tal que los años con biomazas iniciales más precisas (con menor error estándar) tienen mayor peso que los años con biomazas iniciales imprecisas.

Primera Etapa

Los *mdg* son una familia de modelos que tiene la forma general que se indican aquí:

$$C_t = kE_t^\alpha N_t^\beta e^{-\frac{M}{2}} = kE_t^\alpha \left(N_0 e^{-Mt} - e^{-\frac{M}{2}} \sum_{i=1}^{t-1} C_i e^{-M(t-i-1)} + \sum_{i=1}^t P_i e^{-M(t-i)} \right)^\beta e^{-\frac{M}{2}},$$

$$t > 0, C_t \geq 0, E_t \geq 0, k > 0, N_0 > 0, \alpha > 0, \beta > 0, M > 0, -N_0 e^{-M} \leq P_i \leq +\infty$$

donde C_t es la captura en número por periodo de tiempo (semana en esta aplicación), E es el esfuerzo (horas de buceo) y N es la abundancia en número. El esfuerzo es un predictor observado mientras que la abundancia es un predictor latente. El predictor latente se hace manifiesto por recurso a (i) la relación recursiva de Pope (1972) que involucra a la abundancia inicial N_0 , la mortalidad natural M , and los registros de capturas en pasos de tiempo previos, los primeros dos sumandos entre paréntesis en la ecuación (1), y (ii) un número de pulsos de abundancia, o perturbaciones de magnitud P , que pueden ocurrir en cualquier paso de tiempo, el tercer sumando entre paréntesis. La última desigualdad implica que las perturbaciones pueden en principio ser negativas. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando segmentos del stock dejan el área de operación de la flota, creando un pulso de emigración. En este estudio las perturbaciones son interpretadas como segmentos espaciales del stock que se suman a la biomasa vulnerable por expansiones

del área de operación de la flota, así que son estrictamente positivos. El parámetro α determina la fuerza de efectos no lineales en la operación del arte de pesca (Bannerot y Austin, 1983), saturabilidad ($\alpha < 1$) y sinergia ($\alpha > 1$), y el parámetro β hace lo mismo respecto de efectos no lineales conectados con cambios en la abundancia, híper-estabilidad ($\beta < 1$) e híper-depleción ($\beta < 1$) (Hilborn y Walters, 1992). El vector of parámetro libres es $\theta = [M N_0 \{P_i\} k \alpha \beta]$.

Para ajustar los datos de capturas en número semanales y esfuerzos semanales al modelo de depleción generalizado y así estimar sus parámetros, se definen las siguientes funciones de verosimilitud, todas ellas ya programadas en CatDyn. Sea χ_t la captura observada, θ el conjunto de parámetros del modelo de depleción generalizado, l la función log-verosimilitud a ser maximizada en función de los parámetros, y T el número total de observaciones (i.e. número total de semanas en una temporada de pesca dada). Entonces,

$$l(\theta | \chi_t, E_t) = \sum_{t=1}^T \chi_t \log(C_t) - \sum_{t=1}^T C_t - \sum_{t=1}^T \log(\chi_t!)$$

es la función de log-verosimilitud correspondiente a un modelo de probabilidad Poisson para los datos de captura, que tiene sentido considerando que las capturas son individuales, es decir almeja a almeja. Puesto que esta distribución tiene una fuerte presunción de varianza constante e igual a la media, también hemos implementado un modelo similar pero más complejo que permite varianza distinta a la media y variable, este es el modelo de probabilidad binomial negativa,

$$l(\theta | \chi_t, E_t) = \sum_{t=1}^T \chi_t \log\left(\frac{C_t}{C_t + \psi}\right) + \psi \sum_{t=1}^T \log\left(\frac{\psi}{C_t + \psi}\right) + \sum_{t=1}^T \log[\Gamma(\chi_t + \psi)] - \sum_{t=1}^T \log[\Gamma(\chi_t + 1)] - T \log[\Gamma(\psi)]$$

donde ψ es el parámetro de dispersión y Γ es la función Gamma.

Las capturas también pueden ser modeladas con distribuciones para variables continuas, puesto que están agregadas a la semana y por lo tanto incluyen múltiples individuos de almeja. Es por esto que tenemos la opción de la distribución normal, cuya log-verosimilitud es

$$l(\boldsymbol{\theta} | \chi_t, E_t) = -\frac{T}{2} \log(2\pi\psi) - \frac{1}{2\psi} \sum_{i=1}^T (\chi_i - C_i)^2$$

y la distribución lognormal, cuya log-verosimilitud es

$$l(\boldsymbol{\theta} | \chi_t, E_t) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \log(\chi_i^2 2\pi\psi) - \frac{1}{2\psi} \sum_{i=1}^T [\log(\chi_i) - \log(C_i)]^2$$

y finalmente la distribución gamma, cuya log-verosimilitud es

$$l(\boldsymbol{\theta} | \chi_t, E_t) = \sum_{i=1}^T \left\{ \frac{1}{\psi} \left[-\frac{\chi_i}{C_i} - \log(C_i) \right] - \log\left[\Gamma\left(\frac{1}{\psi}\right)\right] + \frac{1}{\psi} \log\left(\frac{\chi_i}{\psi}\right) - \log(\chi_i) \right\}$$

Es posible simplificar las funciones de verosimilitud adoptando aproximaciones basadas en la fórmula de las verosimilitudes perfil modificadas (Pawitan, 2001). El software CatDyn ofrece dos de estos modelos simplificados de verosimilitud, el modelo normal

$$l_{AP}(\boldsymbol{\theta} | \chi_t, E_t) = -\frac{T-2}{2} \sum_{i=1}^T (\chi_i - C_i)^2$$

y el lognormal

$$l_{AP}(\boldsymbol{\theta} | \chi_t, E_t) = -\frac{T-2}{2} \sum_{i=1}^T [\log(\chi_i) - \log(C_i)]^2$$

Lo que completa las siete opciones disponibles para maximizar la verosimilitud en CatDyn.

En esta primera etapa, los mdg se ajustan según diversas opciones de tipo de modelo (de 1 a 4 perturbaciones), función de verosimilitud (las 7 opciones descritas arriba) y método numérico de maximización (4 opciones). Esto da lugar al ajuste de decenas de variedades del modelo, de las cuales muchas no rinden resultados de convergencia numérica satisfactoria y son descartados en primera

instancia. De los que rinden resultados de convergencia el mejor modelo es seleccionado examinando la calidad de la optimización numérica, la precisión y plausibilidad de los estimados, su matriz de correlación, y el Índice de Información de Akaike, AIC (Akaike, 1974).

El primer criterio de eliminación de los *mdg* que convergieron exitosamente, fue para todos aquellos modelos en donde el mayor gradiente numérico en valor absoluto sea mayor que 1. Esto se debe a que gradientes finales altos ponen en duda uno o más de los estimados obtenidos. Este criterio es ampliamente utilizado en evaluación de stocks (e.g. Anderson *et al.*, 2014; Hurtado-Ferro *et al.*, 2015; Roa-Ureta *et al.*, 2015, Thorson *et al.*, 2015).

El segundo criterio de eliminación de los *mdg* menos plausibles es que la mortalidad natural estimada por el modelo sea parecida a la mortalidad natural esperada debido a la longevidad según la ecuación empírica de Hewitt y Hoenig (2003).

Generalmente, después de la aplicación de los dos primeros criterios de selección de *mdg*, un conjunto menor de modelos que rendían resultados muy similares en biomasa inicial, que es el parámetro de interés para la aplicación del modelo de producción Pella-Tomlinson. Entre estos modelos, la selección del mejor de ellos se basó en el AIC cuando era aplicable, la existencia y tamaño de los errores estándar de los estimados, y el grado de correlación entre los estimados.

Segunda Etapa

Dado el vector de parámetros estimados θ y su matriz de covarianza estimada, la abundancia inicial total y la biomasa inicial total para cada una de temporadas anuales son

$$\hat{N}_{0,Total} = \hat{N}_0 + \sum_1^4 \hat{P}_i e^{Mt_i}, \quad \hat{B}_{0,Total} = \hat{N}_{0,Total} \bar{w}_0$$

donde t_i es la semana a la cual la cada perturbación ha sido fijada, y \bar{w}_0 es el peso medio al comienzo de la temporada. En relación con esta notación cabe hacer notar que en muchas temporadas el número de perturbaciones es menor que 4 así que algunos de los P_i simplemente serán cero. Los errores estándar asintóticos de los estimados de biomasa inicial son calculados usando el método delta (implementado en

CatDyn) con los estimados y desviaciones estándar de \bar{w}_0 y los estimados y matrices de covarianza del subconjunto de $\boldsymbol{\theta}$, $\boldsymbol{\theta}' = [M N_0 \{P_i\}]$.

Tercera Etapa

Esta etapa corresponde al ajuste del modelo de producción excedente a los estimados de biomasa anual inicial provenientes de la segunda etapa. Ajustaremos un modelo de tipo Pella-Tomlinson (Fletcher, 1978; Fournier, 2011):

$$B_y = B_{y-1} + rB_{y-1} \left(1 - \left(\frac{B_{y-1}}{K} \right)^{p-1} \right) - C_{y-1}$$

Donde los B_y son las biomazas al comienzo de cada año, r es la tasa intrínseca crecimiento poblacional, K es la capacidad de carga del ambiente, p es la forma de la función de producción, que se asume mayor que 1, y C_y son las capturas totales anuales compiladas por SERNAPESCA.

Para el ajuste de este modelo de producción excedente utilizaremos un modelo de verosimilitud marginal híbrida (Roa-Ureta *et al.*, 2015). Este método ha sido programado en ADMB. La función de verosimilitud del modelo de verosimilitud marginal híbrida es

$$\mathcal{L}_M(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{R} | \mathbf{Z}) \propto |\mathbf{R}|^{-1/2} \exp \left(-\frac{1}{2} (\mathbf{Z} - \mathbf{B}(\boldsymbol{\theta}))^T \mathbf{R}^{-1} (\mathbf{Z} - \mathbf{B}(\boldsymbol{\theta})) \right)$$

donde R es la matriz de covarianza proveniente de las estimaciones de CatDyn, Z son las biomazas anuales iniciales observadas-estimadas por CatDyn, y B son las biomazas predichas por el modelo de producción excedente, y que es maximizada de manera exacta por ADMB.

Una vez que el modelo de producción excedente ha sido estimado, se estiman tasas de explotación óptima ya sea mediante el Máximo Rendimiento Sostenible (MSY)

$$MSY = rK(p - 1)p^{-\frac{p}{p-1}}$$

o de ser ésta una tasa poco precautoria, mediante la producción latente a niveles de biomasa precautorios

$$\dot{P} = \gamma MSY \frac{B}{K} \left(1 - \left(\frac{B}{K} \right)^{p-1} \right), \gamma = \frac{p^{p/(p-1)}}{p-1}$$

b. Modelo Lineal Generalizado para generar índices de abundancia

Para la obtención de un índice de abundancia, se utilizaron modelos lineales generalizados (GLM; McCullagh & Nelder, 1989) donde el valor esperado de la captura (kg) por hora de buceo como captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se supuso explicada por un arreglo de factores siguiendo una combinación lineal de la forma:

$$E(CPUE_{y,t,z,p}) = g^{-1}(cte + A_y + T_t + P_p + \sigma_{y,t,p,z})$$

Donde g es la función de enlace, A es el factor año, T el factor trimestral, P la profundidad y σ es el término de error aleatorio. El análisis de devianza permitió evaluar la importancia de cada efecto en cada subregión de evaluación, y en algunos casos como es la zona Bahía de Ancud, se analizó la interacción de primer orden Año*profundidad sobre la base de evidencias de mejoras en el rendimiento de pesca anual debido a cambios en la profundidad. El efecto anual en su escala exponencial $exp(A)$ fue considerado como índice de abundancia para efectos de la evaluación de stock. El tratamiento de los datos consideró como rangos de profundidad los intervalos <5 m; 6-10 m; 11-15 m; y > 16 m, así como la exclusión de los registros superiores 350 kg/hora de buceo y aquellos por debajo 1 kg/hora, esto en base al conocimiento de terreno respecto del régimen operacional del buceo extractivo.

Junto a ello, se utilizaron Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMM), los cuales combinan las ideas de los modelos lineales generalizados con las ideas de modelado de efectos aleatorios. La respuesta es una variable aleatoria, Y_i , que toma valores observados, y_i , para $i = 1, \dots, n$, y sigue una distribución de familia exponencial con la forma:

$$f(y|\theta_i, \phi) = \exp \left[\frac{y_i \theta_i - b(\theta_i)}{a(\phi)} + c(y, \phi) \right]$$

Sea $EY_i = \mu_i$ y conecte esto al predictor lineal η_i usando la función de enlace g por $\eta_i = g(\mu_i)$. Luego se usa el enlace canónico para g y hacer la conexión directa que $\theta_i = \mu_i$. Ahora los efectos aleatorios, γ , tengan una distribución $h(\gamma | V)$ para los parámetros V . El efecto fijo es β . Condicional a los efectos aleatorios, γ :

$$\theta_i = X_i^t \beta + Z_i^t \gamma$$

donde X_i y Z_i son las filas correspondientes de las matrices de diseño, X y Z , para los respectivos efectos fijos y aleatorios. La probabilidad puede escribirse como:

$$L(\beta, \phi, V | y) = \prod_{i=1}^n \int f(y_i | \beta_i, \phi, y) h(y | V) dy$$

Normalmente, los efectos aleatorios se consideran normales: $\gamma \sim N(0, D)$. Sin embargo, a menos que f también sea normal, la integral permanece en la probabilidad, lo que se vuelve difícil de calcular, particularmente si la estructura de efectos aleatorios es complicada (Faraway, 2006).

La información de capturas y esfuerzos, así como los rendimientos nominales base provinieron de las bitácoras de pesca recopilados por IFOP, y así se consideró desde el año 2000 agrupadas para las dos zonas descritas donde se pudo construir el índice de abundancia estandarizado.

8.3 Objetivo específico 3: Definir estrategias de manejo que consideren la estructura espacial de las poblaciones de V. antiqua y las características del esfuerzo pesquero.

Este objetivo fue abordado considerando dos componentes relevantes:

1. Definiendo un plan de manejo de las pesquerías de almejas la Región de Los Lagos y Aysén: Mediante un Taller Técnico realizado el 6 de mayo de 2019 en la localidad de Ancud con representantes de la SUBPESCA, IFOP, PUCV, UACH y usuarios de la pesquería, se identificaron tanto los objetivos para el manejo de la pesquería en su conjunto como las reglas operacionales/decisión para que su implementación sea efectiva.
2. Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM): Un sistema mediante el cual se realiza una evaluación de las reglas operacionales establecidas y se formulan acciones remediales. Este sistema se denomina procedimiento de Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM).

Las secuencias de etapas generales se resumen en la **Figura 3**. Considerando que en el Taller realizado se identificaron indicadores del estado de la población, por ejemplo, la CPUE, tallas promedio o las estimaciones de biomasa derivadas de modelos de evaluación, estos indicadores junto a un sistema de calificación Puntos Biológicos de Referencia fueron la base de reglas de decisión que en definitiva se tradujeron en ajustes de las capturas o esfuerzo de pesca.

Consecuente con lo anterior, las múltiples fuentes de incertidumbre identificadas junto con los usuarios fueron analizadas bajo el marco de Análisis de Estrategias de Manejo (MSE), donde se simuló una pesquería con las características definidas (modelo operativo), la que simuló datos para fines de evaluación de stock o para fines de decisión por medio de una regla de decisión. Esta decisión se tradujo en un nivel de captura que el MO consideró para evaluar el impacto en la población simulada y supuesta como verdadera. Así mientras el sistema real percibe la respuesta de la población a través de la evaluación de stock o de los índices poblacionales, el MO genera valores de biomasa verdaderos que son comparados con las “percibidas” por los sistemas de estimación. La metodología consiste en seleccionar el conjunto de indicadores y reglas de decisión que sean robustas a las diferentes fuentes de incertidumbre (**Figura 3**).

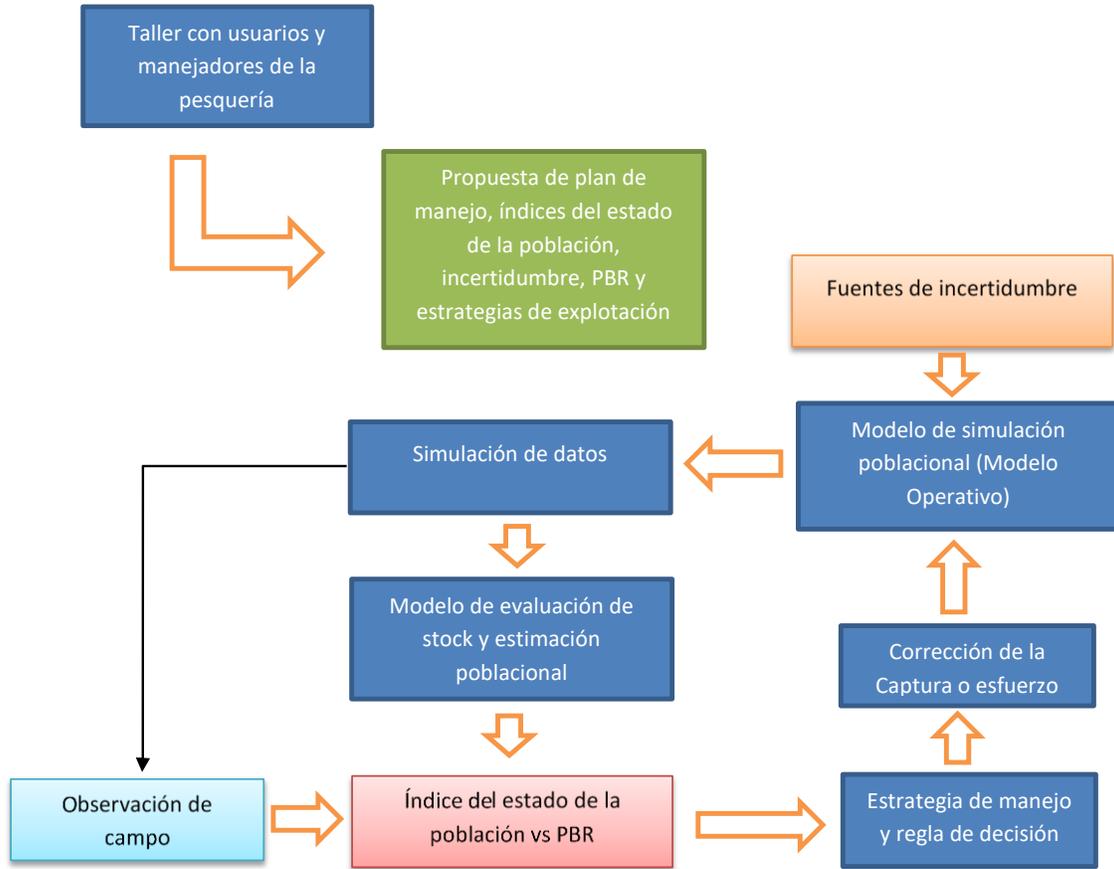


Figura 3. Esquema general de secuencias para dar cuenta del objetivo específico 3.

- **Definiendo un plan de manejo de las pesquerías de almejas en la Región de Los Lagos y Aysén**

Por medio del taller Técnico realizado en la localidad de Ancud, el cual conto con la participación de los principales representantes de las organizaciones de pescadores de almejas de la Región, se buscó responder a interrogantes como:

- ¿Qué Puntos Biológicos de Referencia deberíamos considerar?
- ¿Cuál (cuales) serían estrategias de manejo adecuadas para manejar esta pesquería?
- ¿Es posible establecer una pesquería compartida en el sur del área de estudio (Región de Los Lagos y Aysén) con un plan de manejo explícito?

- Dada la distribución del esfuerzo de pesca, ¿Cuál debería ser la mejor escala espacial para el manejo de la pesquería?
- ¿Cómo enfrentar la presencia de marea roja y el compromiso que esto podría tener en el seguimiento de indicadores poblacionales, particularmente en las zonas X sur y XI?
- ¿El manejo de pesquerías se debería tratar de acuerdo a su tamaño? Por ejemplo, la bahía de Ancud en escala media y Carelmapu en escala más local.
- ¿Se puede reducir la talla mínima legal de captura (p.ej a 45 mm) sin comprometer la sustentabilidad de la población?
- ¿Cuáles serían las reglas de decisión y variables de control para estas pesquerías?
- ¿Bajo qué condiciones y compromisos se podrían establecer cuotas locales y cierres de sectores?
- ¿Qué indicadores de desempeño son admisibles como estado de la población? (p. ej. Talla promedio, rendimiento, esfuerzo, etc)

La idea de esta actividad era avanzar en el diseño del plan de manejo de la almeja sustentado en acciones claras y marco de referencia explícito. Estos fueron los principales insumos para el establecimiento de las estrategias de manejo y su posterior evaluación. Si bien la almeja dispone de décadas de seguimiento por parte del Instituto de Fomento Pesquero, esto no asegura que la calidad de los datos sea compatible con una pesquería de data rica. Recientemente, Dowling *et al* (2016) realizaron una revisión sobre estrategias de capturas empíricas para pesquerías de data pobre, pesquerías definidas como aquellas donde ya sea el conocimiento o la calidad de los datos disponibles no permiten generar estimaciones sobre el nivel de productividad de las poblaciones y sus puntos de referencia (Pilling *et al*, 2008). Esta situación probablemente sea afín con la situación de la pesquería de almeja en alguna zona entre la Región de Los Lagos y Aysén.

Las aproximaciones sobre estrategias de capturas basadas en indicadores empíricos o reglas de control de capturas han comenzado a ser ampliamente aceptadas en una amplia gama de condiciones de suficiencia de datos. Dowling *et al* (2016) indican que la escasez de información no es una razón para evitar el desarrollo de estrategias de captura, y que existen una serie de enfoques pragmáticos disponibles no siendo necesario mayor conocimiento sobre los ciclos de vida de las especies objetivo, la naturaleza de las operaciones de pesca, o la capacidad en investigación. Este mismo contexto se combina con el repositorio integral de métodos y reglas de decisión disponibles, se constituye una sólida base y conjunto de herramientas para la mayoría de situaciones de pesquerías de data-pobre. En esta sección desarrollamos

un enfoque práctico y participativo, orientado a establecer estrategias y normas (reglas) control de la explotación de almeja sobre la base de indicadores factibles y compatibles con el estado de explotación de las poblaciones en la Región.

Como ya se destacó antes, en cualquier estrategia de manejo un componente clave es la regla de control o decisión que determinará alguna acción de manejo particular (Butterworth and Punt, 2003; Punt *et al.*, 2002; Sainsbury *et al.*, 2000). Las reglas de decisión deben ser pre-determinadas y acordadas con los usuarios, y vinculadas de manera explícita con los resultados del proceso de monitoreo/seguimiento y evaluación del stock. En este sentido, resulta necesario la definición explícita de Puntos de Referencia (PBR) objetivos y límites y con ello las acciones consensuadas dependiendo del estado de explotación que sea determinado. Es también importante y en la medida de lo posible, llevar adelante una evaluación de estas estrategias. Por lo tanto, el pragmatismo y flexibilidad de estas reglas son importantes aún más frente a escenarios de pesquerías pobres en datos, en las cuales las reglas deben ser apropiadas a las características de la pesquería, eficientes respecto a los costos, simples y alcanzables.

- **Evaluación de Estrategias de Manejo (EEM)**

Las estrategias de manejo/cosecha, también conocidas como procedimientos de manejo o gestión, son marcos acordados previamente para tomar decisiones de gestión pesquera, como son el establecimiento de cuotas. Aunque los diferentes órganos de administración los nombran y definen de forma ligeramente diferente, todas las estrategias de captura incluyen los mismos elementos básicos:

1. Un programa de monitoreo o seguimiento;
2. Indicadores del estado y la salud de la población, con puntos de referencia asociados (PBR);
3. Un método/ algoritmo para evaluar el valor de los indicadores elegidos; y
4. Reglas de control de captura (HCR) que desencadenan en acciones de manejo, dependiendo si los indicadores claves están cerca o superan los puntos de referencia PBR.

Una regla de control de captura (HRC), establece las acciones que deben ser tomadas en cuanto a la captura o tasa de explotación, cuando el indicador del estado poblacional se encuentra por sobre o por debajo de valores de referencia (Puntos Biológicos de Referencia PBR) (**Figura 4**). En este caso la captura o tasa de explotación deberá disminuir de manera proporcional a la biomasa o índice poblacional, cuando el

valor de la biomasa o índice se ubique por debajo de un PBR objetivo. Si los indicadores poblacionales caen por debajo de PBR límite, la explotación en esa zona debiera cesar hasta recuperar la población al menos por sobre el valor límite. Un factor clave en el éxito de estas HRC es que sean comprendidas y acordadas por todos los usuarios de una pesquería. Esta metodología puede utilizarse tanto para pesquerías con pocos datos o pesquerías abundantes en datos. Cuando hay abundantes datos con un buen nivel de detalle, los indicadores se relacionan con la biomasa de la población y la mortalidad por pesca generados por un modelo cuantitativo de evaluación del stock, y las HCR aplicado es basado en este modelo. Por otro lado, para pesquerías con datos limitados, los indicadores a menudo son directamente medibles, donde el método de evaluación puede ser un cálculo estadístico o algorítmico relativamente simple, y el HCR aplicado es empírico. En una HCR empírica, los datos se usan directamente para establecer las cuotas en lugar de ajustar la HCR a los resultados de una evaluación de stock u otro ejercicio de modelamiento.

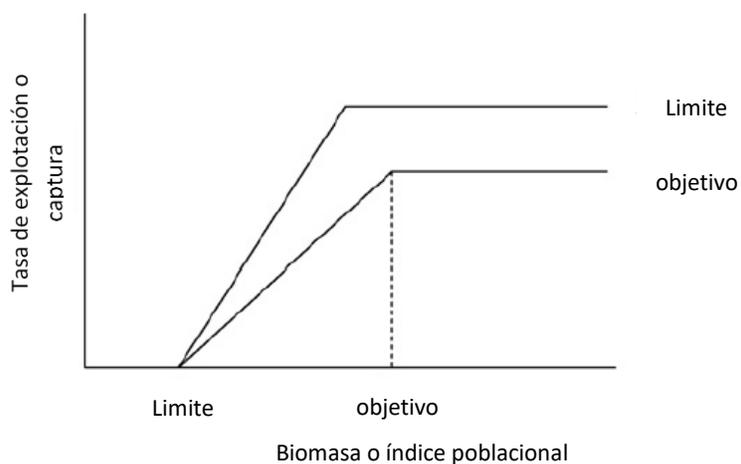


Figura 4. Ejemplo de regla de decisión para una pesquería cualquiera. Los criterios límites y objetivos son los Puntos Biológicos de Referencia.

Una EEM consiste en contrastar la estimación poblacional percibida mediante un modelo de estimación o de evaluación de stock, o simplemente el seguimiento de un indicador poblacional versus la población verdadera que es simulada estocásticamente por medio de un modelo operativo. El común denominador es la captura generada por una regla de decisión ya sea establecida en base a:

- El resultado de la evaluación de stock basada en un modelo de análisis (p.ej. la biomasa)
- El resultado del seguimiento de algún indicador derivado del seguimiento de la pesquería.

Para la definición del modelo operativo (MO) se consideró lo propuesto por Kell *et al.*, (2006) quienes establecen una clasificación de cuatro formas de construir MOs en el contexto de la EEM, los que difieren en la cantidad de conocimiento, requerimientos de datos y complejidad de implementación:

- El MO es el modelo de evaluación de stock actualmente en uso. Aunque esto parece implicar que el modelo de evaluación describe la naturaleza de manera perfecta, de acuerdo con Lee *et al.*, (2011), la principal ventaja de usar el propio modelo de evaluación como una herramienta de simulación/estimación, es la facultad de controlar los errores de especificación del modelo.
- EL MO es un modelo que puede representar todos los datos disponibles. El valor de los parámetros del MO está sólo basado en los datos de la pesquería bajo consideración. El MO no necesita ser igual al modelo de evaluación de stock. En modelos Bayesianos, todas las priors son no informativas, con el fin de permitir sólo la expresión de los datos.
- Igual que en II, sólo que en modelos Bayesianos el conocimiento de los científicos, con relación a la validez de las fuentes de información, es descrito formalmente por priors. Las probabilidades que no provienen de los datos pueden provenir de otras fuentes, como por ejemplo meta-análisis.
- Como en III, excepto que el énfasis se encuentra en el conocimiento experto y otra información a priori acerca de los procesos que pueden afectar el comportamiento del sistema.

En este proyecto, el modelo operativo fue implementado en lenguaje SCILAB y es una réplica del modelo de dinámica poblacional incluido en el modelo de evaluación de stock. El modelo operativo generó observaciones/datos considerando error de observación y proceso. Por ejemplo, tanto el reclutamiento anual (error de proceso) como los datos de capturas, composiciones de tallas y CPUE generados en base a las ecuaciones de dinámica poblacional y considerando distribuciones de probabilidad:

- Errores de proceso

- Relación stock-recluta con error multiplicativo y desvío lognormal del reclutamiento anual y $cv=0.6$
- Mortalidad natural con desvío lognormal $\sim N(\log(M), 0.2)$
- Error multiplicativo y desvío lognormal de la talla al 50% de selectividad y $cv=0.05$
- Error multiplicativo y desvío lognormal de la inclinación de selectividad y $cv=0.01$
- Error multiplicativo y desvío lognormal del coeficiente de capturabilidad de la CPUE con $cv=0.3$

- Errores de observación
 - Error multiplicativo y desvío lognormal de la CPUE y $cv=0.3$
 - Error multinomial en las composiciones de tallas de las capturas con $n=20$
 - Error multiplicativo y desvío lognormal del desembarque con $cv=0.05$

Los datos fueron empleados para simular la evaluación de stock (en ADMB) con el objeto de comparar si la regla de decisión basada en sus propios resultados, permiten alcanzar el objetivo de manejo deseado expresado en valor de la biomasa objetivo verdadera (p.ej Brms). En aquellos casos donde la evaluación de stock no fue considerada y la regla dependió solo de indicadores, el MO generó valores de estos indicadores y la captura fue ajustada por medio de la regla de decisión, y al mismo tiempo la biomasa verdadera proyectada en el futuro. La o las EEM que demostraron un buen desempeño fueron seleccionadas para recomendar su implementación. El desempeño adecuado se midió en términos de un resumen de estadísticos de desempeño acordados (por ejemplo, captura anual promedio alta y bajo riesgo de agotamiento del recurso), y en términos de si reúne las características de las partes interesadas, y demuestra razonable robustez entre un rango de posibles modelos operativos.

- **Puntos Biológicos de Referencia, diagnóstico y reglas**

Como ya se señaló, previo al diseño de estrategias de manejo es requisito establecer de manera explícita los objetivos de la gestión pesquera, las que, de acuerdo a la Ley de Pesca y Acuicultura, se orientan a llevar a las poblaciones al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS). El fracaso del manejo de las pesquerías esta generalmente explicado por la ambigüedad inicial de los objetivos de manejo. Entendiendo que la evaluación de stock rutinaria puede ser incompatible con la disponibilidad de financiamiento y/o calidad de datos, se analizaron indicadores de la pesquería compatibles con el concepto de RMS. Por ejemplo, la CPUE promedio que debiera ser observado de manera estable en el tiempo. Los principales puntos biológico de referencias fueron obtenidos a partir de los análisis de evaluación de stock

8.4 Objetivo específico 4: Proponer un plan de implementación de las estrategias de manejo identificadas.

Para la realización de este objetivo se consideraron reuniones de trabajo con el núcleo del equipo del proyecto. El principal objetivo de estas reuniones fue realizar un análisis FODA de las estrategias de manejo evaluadas/seleccionadas. Posteriormente se identificó el plan estratégico resultante del FODA, se evaluaron los costos de su implementación. Con el fin de coordinar el análisis FODA, se realizó un taller enfocado para esta actividad el 19 de noviembre, y posteriormente, se generó una encuesta online con plazos entre 25 y 29 de noviembre.

- **FODA**

El análisis FODA es una herramienta de planificación estratégica, diseñada para realizar un análisis interno (Fortalezas y Debilidades) y externo (Oportunidades y Amenazas) en la organización (**Figura 5**). Para realizar este análisis se consideró la mayor diversidad posible de personas. En esta etapa todos los integrantes del proyecto y agentes claves (p.ej. sectorialistas de subsecretaría de pesca e investigadores de IFOP) fueron partícipes, incluyéndose de ser necesario, más de algún representante del sector extractivo. Para su implementación se empleó una plantilla de análisis FODA con 4 cuadros, priorizando que se haga sencillo y práctico para poder entender los resultados.

Análisis interno: Información de las fortalezas y las debilidades en el presente

- **lista de las fortalezas actuales:** por ejemplo, sustento de empleo para pescadores, alto impactos socio-económico, compromisos por conservar los recursos, uso de métodos de pesca de bajo impacto, recursos humanos especializados, espacios de trabajo adecuados para el muestreo biológico, existe una buena cobertura espacial de muestreo, existe un buen vínculo con organización de pescadores, etc.
- **lista de las debilidades actuales:** por ejemplo, alta vulnerabilidad en precios, organizaciones competitivas, poca infraestructura portuaria, bajo nivel de organización gremial, alta informalidad, alta dependencia por el intermediario, faltan algunos puntos de muestreo, no se dispone de recursos económicos para realizar ciertas actividades, faltan muestreadores para cubrir las tareas demandadas, etc.

Análisis externo: Información de las oportunidades y amenazas en el futuro

- **lista de las oportunidades a futuro:** por ejemplo, aumento de la demanda, mejoramiento en los tipos de productos, apertura de nuevos mercados, participación de la pesca artesanal en mercado internacional, colaboración de ONGs, necesidad de organizar el manejo pesquero local con actividades participativas, los pescadores interesados de acordar de las decisiones, desarrollo de turismo ecológico, etc.
- **lista de las amenazas reales en el futuro:** por ejemplo, agotamiento de los recursos, definiciones ambiguas, falta de normativa específica, falta de apoyo de gobierno regional, aumento no regulado del poder de pesca, conflicto por el uso de zonas, desincentivos, conflictos entre organizaciones y sectores, etc.

Luego de identificar y evaluar los resultados FODA, se definieron las acciones, estrategias, o acciones a implementar que sean necesarias para el buen desempeño del plan de manejo identificado. Este análisis fue realizado sobre el plan de manejo más viable que sea identificado desde la perspectiva de su implementación.

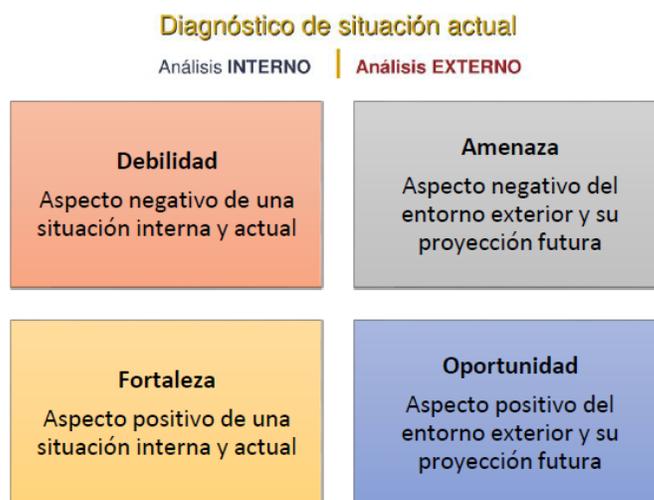


Figura 5. Ejemplo de una matriz FODA

- **Evaluación de costos**

El resultado esperado de este objetivo es la propuesta de monitoreo para la evaluación de las estrategias de manejo identificadas, incluyendo un análisis de costos y un análisis de articulación del monitoreo propuesto con seguimientos que ya estén implementados.

Para tales efectos, se evaluaron los costos de la implementación de cada plan de manejo seleccionado en el FODA en lo referido a las estrategias operativas propuestas para la pesquería de almejas. La estrategia de manejo considera el diseño y seguimiento de un conjunto de indicadores biológico-pesqueros. La evaluación de costos considera tanto los costos de oportunidad como las economías de escala en el uso de un seguimiento de bajo costo/participativo.

9. RESULTADOS

9.1 Objetivo Especifico 1: Analizar y actualizar parámetros de crecimiento y reproductivos de *V. antiqua* en la X y XI regiones.

Existen dos informes elaborados por IFOP que dan cuenta de una adecuada revisión de los antecedentes existentes del recurso objetivo de estudio, González y Barahona (2007) y Araya y Barahona (2013). En los años siguientes no se han desarrollado nuevos estudios de esta pesquería cuyos resultados sean de acceso público. En este contexto, a continuación, se entrega la información disponible en los informes recién citados, la cual fue empleada para el desarrollo de otros objetivos de este proyecto. Lo anterior ha sido complementado con información recopilada a través del proyecto de seguimiento de las pesquerías bentónicas también desarrollado por IFOP anualmente.

Históricamente la denominación “almeja” ha agrupado a 11 especies de moluscos bivalvos: *Ameghinomya antiqua*, *Eurhomalea lenticularis*, *Eurhomalea exalbida*, *Glycymeris ovata*, conocidas con el nombre vulgar de almeja; *Gari solida* como culengue, *Leukoma thaca* como almeja taca; *Semele solida* como tumbao; *Mulinia edulis* como taquilla, *Tawera elliptica* como juliana; *Eurhomalea rufa* como almejón o tacón, *Zemysina inconspicua* como taca chancho.

Los datos de desembarque oficiales hasta 1977 están referidos al grupo de almejas, sin diferenciar unas de otras, situación que se modificó al año siguiente cuando se registraron datos diferenciados de la especie *Gari solida*, luego en 1994 se visualizan los desembarques de los recursos tumbao y taquilla; y finalmente el 2000 fue diferenciado el recurso juliana. Actualmente a nivel nacional la estadística de “almeja” se encuentra representada por las especies restantes constituyendo los mayores volúmenes de extracción la especie *Venus antiqua*.

i. Descripción del recurso almeja *Venus antiqua* y su pesquería

La distribución zoogeográfica latitudinal para *V. antiqua* va desde Callao (12° LS) en Perú hasta el Estrecho de Magallanes (53° LS), siguiendo al norte por la costa atlántica hasta La Paloma (35° LS) en Uruguay (Osorio y Bahamonde, 1968, Osorio, 2002 citada en Olgúin y Jerez, 2003). Habita la zona intermareal y submareal hasta los 50 m de profundidad (Zúñiga, 2002).

Este molusco bivalvo se caracteriza por tener una concha gruesa, inequilateral, oblonga a subcircular, y con umbos prosogiros. La escultura externa está compuesta por fuertes y marcadas estrías radiales atravesadas por lamelas concéntricas que son más notorias hacia el borde ventral, dándole a la concha un aspecto reticulado. Su coloración es blanquecina a gris, a veces con manchas café (**Figura 6**). No tiene periostraco, la lúnula es notoria, la charnela presenta tres fuertes dientes cardinales en ambas valvas y uno lateral pequeño en la valva izquierda. La impresión muscular muestra aductores ovalados. El seno paleal es anguloso, corto y mide menos de un tercio de la longitud de la concha (Osorio & Bahamonde, 1968; Osorio *et al.*, 1979; Osorio, 2002, Zuñiga, 2002).

La almeja *V. antiqua* es dioica, sin dimorfismo sexual externo. Su fecundación es externa y su desarrollo larval es planctónico, dando origen a una larva trocófora, la que se transforma posteriormente en larva veligera umbonada y larva pediveligera. Luego de 25 días en la columna de agua (entre 23 y 28 en condiciones de laboratorio) se asienta, adquiriendo el juvenil todas las características del adulto (Lozada y Bustos, 1984, Olavarría *et al.*, 1996, Olgún y Jerez, 2003). La fecundidad varía entre 3.000.000 y 14.500.000 ovocitos por hembra (Fondef, 1999; Jaramillo *et al.* 2003). El reclutamiento no presenta un patrón claro, con preferencia en los meses de otoño e invierno (Jaramillo *et. al.*, 2003). La proporción sexual es 1:1 (Gallardo & Weber 1996).



Figura 6. Vista de *Venus antiqua* (Tomada por N. Barahona. Carelmapu)

Esta especie habita fondos blandos, constituidos principalmente por grava y arena gruesa. Es sedentaria en su fase adulta, vive semienterrada en el sustrato y deja descubierto los sifones por donde transporta el agua. Es una especie filtradora, micrófaga y eurífaga; en su contenido gástrico se puede hallar detritus, restos de algas, diatomeas, larvas de crustáceos y moluscos, esporas de algas, restos de dinoflagelados, entre otros (Bustos et al., 1981). Vive agregada formando un mosaico de parches discretos, pero densos, que pueden ser considerados como unidades de pesquerías identificables e independientes entre sí (González y Barahona, 2007), los parches están definidos principalmente por el sustrato y las condiciones físico-químicas del ambiente. Dependiendo de la ubicación geográfica coexisten con otros bivalvos principalmente de los géneros *Tagelus*, *Protothaca* y *Gari*. Ecológicamente son parte importante de la infauna de fondos blandos, siendo presa de variados recursos de importancia comercial como de otras especies tales como el caracol rubio *Xanthochorus cassidiformis* (Jara, 1996), caracol *Trumulco chorusgiganteus* (Zagal & Hermosilla 2001), el gastrópodo *Polinices* sp. (Borzone, 1988), la gaviota *Larus dominicanus*, el pilpilén negro *Haemato pusater* (Zagal & Hermosilla, 2001), el pulpo y algunos crustáceos.

Se disponen de antecedentes de estudios de crecimiento de siete especies de almejas, siendo mayoritarios los de *Venus antiqua* en la Región de Los Lagos. Se ha empleado como técnica de estudio los métodos de marcaje, seguimiento modal y lectura de anillos (**Tabla 1**). Esta especie presenta alta variabilidad en sus parámetros de crecimiento. Los valores estimados de la longitud asintótica (L_{∞}) varían entre 78.5 y 109.5 mm, los valores de K (parámetro) entre 0.100 y 0.428 y los de la amplitud de la oscilación intra anual del crecimiento (C) y las tasas de crecimiento (\emptyset) entre 0.500 - 1.211 y 3,020 - 3.290, respectivamente, lo que indicaría que la especie presenta un crecimiento diferencial, lento, con variaciones estacionales marcadas, mientras que los valores estimados del punto de invierno, definido como el tiempo (expresado como la fracción del año) donde el crecimiento es menor (WP), entre 0.240 y 0.640, muestran un menor crecimiento en los meses de invierno. Los valores de mortalidad natural (M) reportados varían entre 0.221 y 0.391 (**Tabla 2**).

Tabla 1. Estudios de crecimiento de distintas especies de almejas.

ESPECIE	REGIÓN	PERIODO	METODO ESTUDIO CRECIMIENTO	AUTOR
<i>Protothaca thaca, Gari solida</i>	Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta	2009-2010	Marcaje	Romero et al, 2011
<i>Protothaca thaca</i>	Antofagasta	1980 - 1981	Seg. Modal; Lectura de anillos	Zegers y Peña, 1983
<i>Mulinia edulis</i>	Coquimbo	2006-2008	Seg. Modal	Stotz et al, 2008
<i>Protothaca thaca, Mulinia edulis y Eurhomalea lenticularis</i>	Coquimbo y Valparaíso	1998	Lectura de anillos	Brown et al, 1999
<i>Gari solida, Semele solida y Prothothaca thaca</i>	Maule	1991-1992	Marcaje	Urban y Campos, 1994
<i>Mulinia sp</i>	Biobío y Los Lagos	1997	Marcaje	Jaramillo et al, 1998
<i>Venus antiqua</i>		1990-1992	Marcaje	Clasing et al, 1994
<i>Venus antiqua</i>		1992-1993	Lectura de anillos	Reyes et al, 1994
<i>Venus antiqua</i>	Los Lagos	1992	Lectura de anillos	Jerez et al, 1997
<i>Tawera gayi, Gari solida</i>		1998-1999	Lectura de anillos	Jerez et al, 1999
<i>Venus antiqua, Semele solida</i>		2002-2003	Seg. Modal; Lectura de anillos	Jaramillo et al, 2003

Fuente: Modificada de Subpesca

Tabla 2 .Parámetros de crecimiento estimados en *Venus antiqua*.

REGION	LUGAR	SECTOR	METODO	Loo	k	to	Cte de C	WP	Ø	M	AUTOR
	Ancud		Lec. Anillos	78,700	0,421	-0,165				0,391	Bustos et al, 1981
	Ancud	norte	Seg. Modal	97,000	0,428	-0,274				0,348	Jerez, 1991
	Ancud		Lec. Anillos	96,450	0,131	-0,006					Reyes et al, 1994
	Ancud, Carelmapu			105,200	0,111	-0,137					Rojas et al, 1994**
	Ancud, Pudeto, Quellón	norte/sur	Seg. Modal	85,500	0,167	-0,109				0,221	Jerez et al, 1997
Los Lagos	Ahui	norte	Seg. Modal	90,000	0,150	0,500	0,540	0,510	3,090		Jaramillo et al, 2003
			Lect. Anillos	87,600	0,180	-0,290	0,620	0,300	3,140		
	Quenac		Seg. Modal	94,600	0,320	0,340	0,500	0,310	3,250		Jaramillo et al, 2003
		mar interior	Lect. Anillos	89,300	0,130	-1,000	0,830	0,250	3,070		
	Meulín		Seg. Modal	96,600	0,100	0,440	0,500	0,560	3,290		Jaramillo et al, 2003
			Lect. Anillos	90,700	0,140	-0,880	0,830	0,290	3,060		
	Yaldad	sur	Marcaje	80,000	0,183	0,995	1,211			0,333	Clasing et al, 1994
	Sto. Domingo		Seg. Modal	109,500	0,100	0,140	0,500	0,640	3,060		Jaramillo et al, 2003
Aysén		mar interior	Lect. Anillos	101,700	0,100	-1,350	0,800	0,500	3,020		
	Las Varas		Seg. Modal	107,400	0,110	0,140	0,500	0,500	3,100		Jaramillo et al, 2003
			Lect. Anillos	93,100	0,140	-1,170	0,690	0,240	3,080		

**= Citado en Reyes y Barahona, 1995.

Donde: Loo: Longitud asintótica; k: Parámetro de curvatura; to: edad computada a la longitud 0; Cte C: Amplitud de la oscilación intraanual del crecimiento; WP: Punto de invierno, definido como el tiempo (expresado como la fracción del año) donde el crecimiento es menor; Ø: Tasas de crecimiento; M: mortalidad natural.

Fuente: Modificada de Subpesca

La clave de talla - edad construida en el estudio más reciente de *Venus antiqua* (año 2003) en diferentes sectores de las regiones de Los Lagos y de Aysén, confirma la variabilidad en el crecimiento de esta especie. Los estudios indican que en la Región de Los Lagos la especie demoraría entre 5.00 y 6.99 años en alcanzar la talla mínima legal de captura (55 mm). Los bancos o poblaciones de la zona norte e interior de la Región de Los Lagos (Ahui, Quenac, Meulín) presentarían tasas de crecimiento mayores que los bancos de zonas más australes (Las Varas, Santo Domingo 1) (**Tabla 3**).

Tabla 3 . Clave talla-edad de *Venus antiqua* en diferentes sectores de la Región de Los Lagos

Edad en años	Rango de tallas en mm				
	Ahui	Quenac	Meulin	Las Varas	Sto. Domingo 1
1.00-1.99	7.21 - 17.93	5.54 - 21.95	6.76-18.95	9.58-18.88	6.90-15.4
2.00-2.99	18.72 - 27.95	22.79 - 34.73	19.64-30.02	19.57-27.92	15.58-23.46
3.00-3.99	28.63 - 36.58	35.41 - 44.70	30.64-40.63	28.53-36.58	23.71-30.56
4.00-4.99	37.17 - 44.51	45.24 - 52.90	41.19-49.71	37.13-43.81	30.92-36.27
5.00-5.99	45.01 - 50.84	53.29 - 58.87	50.21-58.40	44.30-50.30	36.7-41.58
6.00-6.99	51.27 - 56.28	59.18 - 63.52	58.86-66.25	50.74-56.52	41.91-47.21
7.00-7.99	56.65 - 60.67	63.77 - 67.35	66.67-72.97	56.92-61.72	47.41-52.56
8.00-8.99	61.29 - 65.28	67.53 - 70.13	73.34-79.40	62.07-66.38	52.67-57.43
9.00-9.99	65.55 - 68.72	70.28 - 72.30	79.74-85.21	66.70-70.85	57.59-61.73
10.00-10.99	68.95 - 71.68	72.42 - 74.09		71.14-74.58	61.95-65.18
11.00-11.99	71.88 - 74.23	74.18 - 75.39		74.84-77.94	65.44-68.40
12.00-12.99	74.40 - 74.57	75.46 - 76.41		78.16-78.16	68.60-68.60

Nota: Ahui (Región de Los Lagos norte); Quenac y Meulin (Región de Los Lagos interior) y Las Varas y Santo Domingo (Región de Aysén interior)

En rojo talla mínima de captura

Fuente: Modificada de Jaramillo et. al., 2003

En relación a su reproducción se dispone de seis estudios reproductivos para esta especie (*V. antiqua*), cinco provenientes de la Región de Los Lagos y uno de Aysén (**Tabla 4**). Su ciclo reproductivo se caracteriza por mostrar una actividad gonadal cíclica con alternancia de eventos reproductivos, con eventos de evacuación y recuperación rápida de las gónadas. Se describen periodos de desoves largos en primavera e inicios de verano y recuperación de gónada en los meses de invierno. Otro estudio realizado por Urban (1996) en la Bahía de Dichato (Región del Biobío) estimó para *V. antiqua* un ciclo reproductivo anual, con un corto período de desove durante el verano.

Tabla 4. Estudio reproductivo de *Venus antiqua* en diferentes sectores de la Región de Los Lagos y Aysén

Autor y año publicación	Localidad del estudio	Región	Año del estudio
Stead, et al, 1997,	Yaldad	Los Lagos	1990-1991
Weber, 1992,	Metri	Los Lagos	1991
Reyes y Barahona, 1995	bahia Ancud	Los Lagos	1993-1994
Jaramillo et al, 2003.	Ahui, Quenac y Meulin	Los Lagos	2002-2003
	Santo Domingo y Las Varas	Aysén	2002-2003
Bustos et al, 2013.	Quellón (Cailín sur)	Los Lagos	2011

No hay concordancia entre los autores en la talla de primera madurez sexual, la cual se estima entre los 30 mm a 54.9 mm de longitud valvar y, de acuerdo a los datos de crecimiento disponibles, esta talla se alcanza entre 2 y 7 años. Por otra parte, la talla crítica se ha estimado entre los 42.7 mm y 61.8 mm, lo que es equivalente a 2.09 y 4.13 años de vida.

- **Usuarios**

La pesquería de almeja posee un alto número de personas inscritas en el Registro Pesquero Artesanal (RPA), 50.737 personas, de las cuales un 78% son varones (39.589) y un 22% son mujeres (11.148). Las regiones de Biobío y de Los Lagos son las que presentan el mayor número de inscritos en el país, con 9.941 y 19.935 personas, respectivamente. En términos de categorías la mayoritaria es recolector, seguido de pescador artesanal, buzo y armador (**Figura 7**).

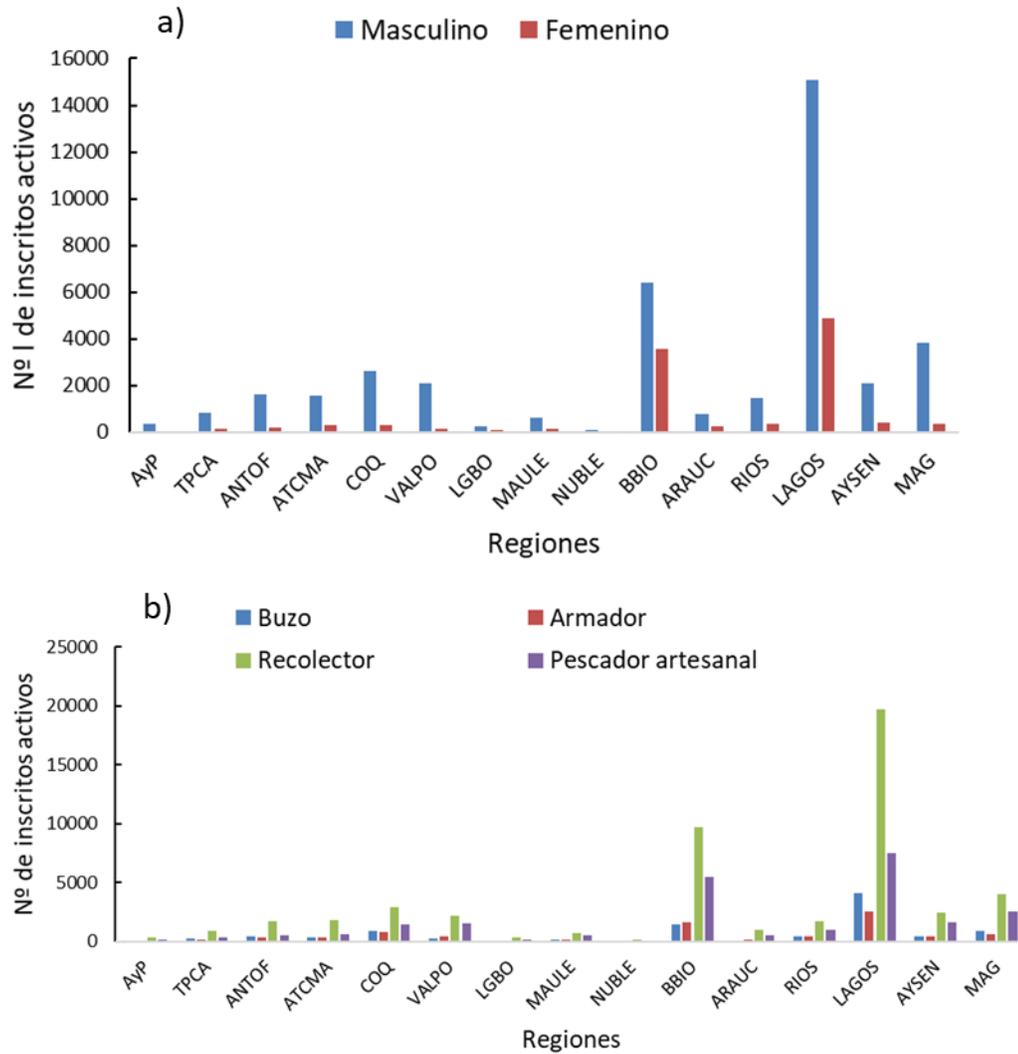


Figura 7. Número de usuarios inscritos por género (a) y categoría (b) en la pesquería de almejas en las diferentes regiones de Chile. (Fuente: Sernapesca).

El total de inscritos en el grupo de almejas, que comprende los recursos almeja en sus diversas especies, sin considerar los recursos culengue, tumbao, taca, taquilla y juliana, se aprecia en la **Figura 8**. En ella se visualiza que igual número de pescadores está inscrito para extraer esta variedad de recursos con excepción de juliana. El total nacional comprende la suma en las diversas categorías (pescador, buzo y recolector) por tanto existen datos duplicados ya que un pescador puede estar inscrito en más de una de ellas.

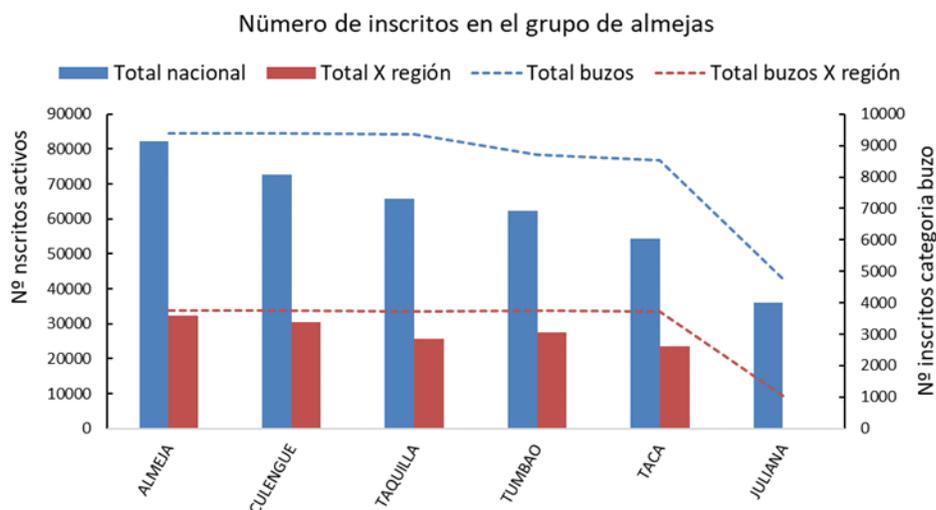


Figura 8. Número de usuarios inscritos sin considerar categoría en la pesquería de almejas a nivel nacional y en la Región de Los Lagos (Fuente: Sernapesca).

- **Evolución de la pesquería**

Según el esquema utilizado por Kesteven (1973), en los desembarques de “almejas” se puede identificar varias etapas; i) Etapa de desarrollo, hasta 1967, caracterizada por capturas relativamente bajas y estables, no sobrepasaron las 10 mil t anuales, destinada al mercado nacional para consumo en fresco; ii) Fase de crecimiento, 1968 a 1979, los desembarques crecieron aceleradamente, debido a la apertura de mercados externos y al desarrollo paralelo de la industria de exportación; iii) Etapa de fluctuación, década del 80 y principios de los 90, los desembarques fluctúan entre 20 mil t y 40 mil t. En 1980 mediante D.S. N° 683 de 1980 se establece una talla mínima legal de extracción de 55 mm, única medida de administración que posee hasta la actualidad el recurso, mientras que en 1988 alcanza su máximo desembarque; iv) Etapa de declinación, 90 a la fecha. Desde 1992 los desembarques decaen llegando una década más tarde a niveles cercanos a las 5 mil t, posteriormente experimentan un discreto repunte encontrándose actualmente en torno a las 11 mil t promedio en los últimos 5 años (**Figura 9**).

De acuerdo a lo señalado en párrafos precedentes hasta 1977 las estadísticas de desembarque incorporaban todas las “almejas” explotadas a la fecha, los años siguientes se separa la estadística de culengue, en 1993 la de tumbao y taquilla, y el 2000 la de juliana. A pesar de lo señalado las estadísticas de cada uno de estos recursos presenta una tendencia a la declinación al 2017 (**Figura 9**).

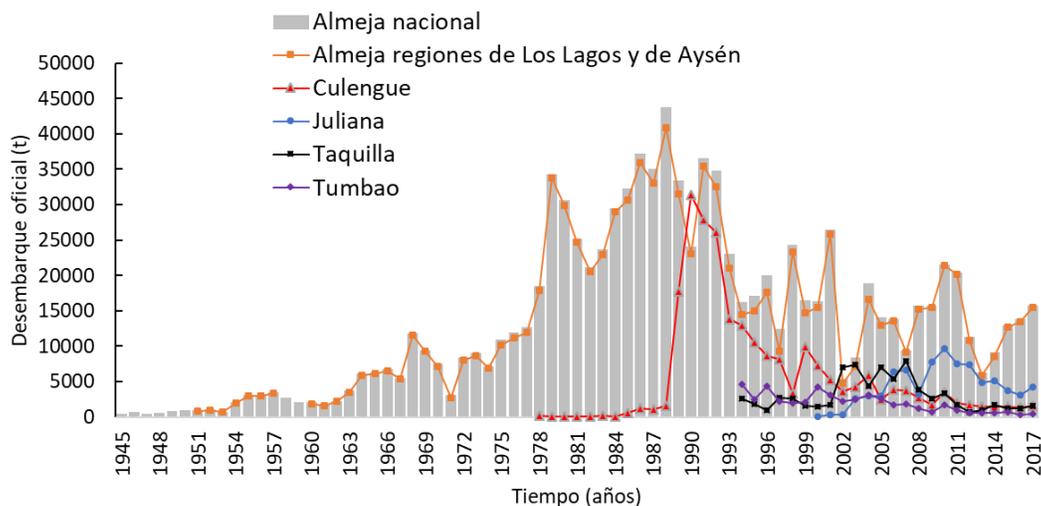


Figura 9. Estadísticas oficiales del desembarque de almeja y diferenciación de otras especies de moluscos bivalvos en Chile (Fuente: Sernapesca).

La extracción de *V. antiqua* se realiza durante todo el año y a lo largo de toda su distribución geográfica; concentrándose en la Región de Los Lagos, de donde ha provenido más del 90% del total desembarcado a nivel nacional. En la última década esta cifra ha fluctuado entre el 88% y 98%, lo cual destaca la importancia de este recurso en la región. El desembarque alcanzó el máximo histórico el año 1988 con 39.989 t, presentando posteriormente una tendencia a la baja con altas fluctuaciones. El año 2002 esta cifra fue inferior a las 5.000 t producto del cierre de áreas de extracción por la presencia del fenómeno de marea roja en sus principales áreas de pesca. Los años siguientes los desembarques han mostrado una fuerte variabilidad anual afectada por el mismo fenómeno, registrando el año 2013 una cifra similar, 5.594t para luego volver a repuntar (**Figura 9**).

En la década del 80 los desembarques se concentraron en la zona norte de la Región de Los Lagos, principalmente en los puertos de Ancud, Pudeto, Maullín, Carelmapu y Calbuco, experimentando drásticas disminuciones en las décadas posteriores según lo señaló González y Barahona (2007), tendencia que se ha mantenido hasta hoy. A su vez, la concentración de la flota extractiva hacia el sur de la isla de Chiloé no evidenció cambios en las estadísticas regionales, las que mostraron cierta estabilidad en los desembarques en la década del 2000, situación que enmascaró la disminución de la abundancia de la zona norte. Al analizar los datos de desembarque, estos indican que durante al menos las dos últimas décadas los mayores

desembarques de *V. antiqua* en la Región de Los Lagos han provenido de la zona sur, sector de Quellón, donde históricamente se han desembarcado recursos provenientes de la zona contigua (**Figura 10**).

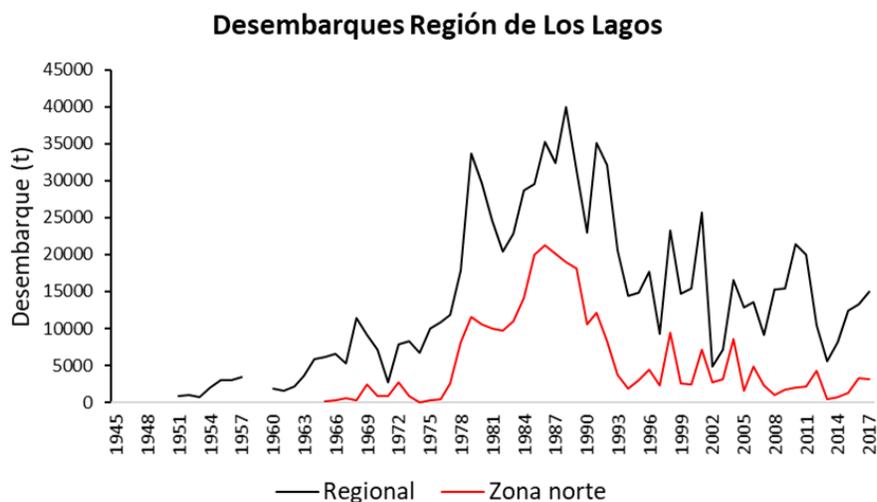


Figura 10. Comparación entre el desembarque de almejas de la Región de Los Lagos y el desembarcado en la zona norte de la región (Fuente: Sernapesca)

- **Áreas de pesca**

Los desembarques de almeja provienen de un alto número de áreas de procedencias de pesca. Los datos de IFOP monitoreados en los principales centros de desembarque de las regiones en estudio, en el periodo 2000 – 2018 dan cuenta que los puertos de Quellón, Calbuco y Dalcahue registran el mayor número de áreas explotadas, 118, 66 y 55, respectivamente, mientras que el menor número lo presenta Maullín, 12 áreas. A pesar del alto número de áreas reportadas por puerto, sobre el 80% de la captura, proviene de 3 a 7 áreas de procedencias por puerto, situación que fue reportada por González y Barahona (2007), y se ha mantenido en los años siguientes (**Figura 11**).

Las áreas de procedencias más importantes reportan en general una explotación permanente a través del tiempo. La flota asociada a Maullín, Carelmapu, Ancud y Pudeto ha operado en áreas ubicadas al norte de la Región, la flota asociada a Calbuco, Dalcahue y Quellón en áreas ubicadas en Chiloé interior, mientras que la flota de Quellón en procedencias ubicadas en el sur y en la Región de Aysén.

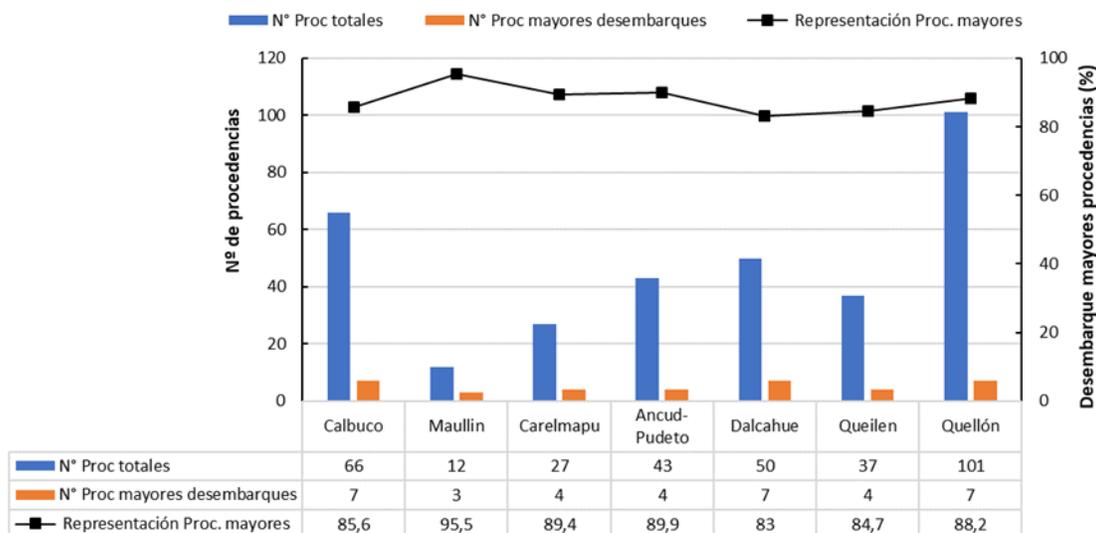


Figura 11. N° de procedencias (Proc) totales y con mayores desembarques monitoreados en puertos de la Región de Los Lagos. Periodo 2000 -2018. Porcentaje de representación de la captura de las procedencias con mayor captura por puerto. (Fuente: Seguimiento Bentónico IFOP).

- **Artes y sistema de extracción**

El recurso se obtiene preferentemente mediante buceo semiautónomo. Para ello el año 2018 la flota empleo embarcaciones provistas de equipo “hooka”, consistente en un traje de buceo de neopreno, un cinturón de plomos, máscara, regulador y aletas, mientras que el aire fue provisto desde un compresor instalado en la embarcación a través de una manguera de aproximadamente 100 m de largo. Para la extracción, el buzo se ubica en el sentido contrario a la corriente y con las manos remueve el fondo provocando una especie de turbidez que se disipa al mover las manos en círculos, técnica que es conocida como “manoteo”. Luego extrae las almejas y las deposita en el “quiñe” que lleva unido al cinturón de buceo. Algunos buzos también utilizan ganchos similares a los empleados por orilleros.

- **Flota**

El año 2018 el IFOP monitoreo la actividad de 402 embarcaciones, cuyo rango de eslora fluctuó entre 6 y 18 m de eslora (**Tabla 5**). En algunos puertos como Ancud, el rango de eslora de la flota fue muy acotado,

entre 6 y 9 m, mientras que en puertos con mayor movimiento como Carelmapu el principal rango de eslora se ubica entre los 9 y 12 m. En el otro extremo de la región, donde existe la mayor cantidad de flota, como es Quellón, el rango de eslora de la flota se amplía y se observan embarcaciones de hasta 18 m de eslora, pero la mayor frecuencia esta entre 10 y 12 m.

En zonas sur austral de las regiones en estudio el sistema de trabajo considera la extracción desde áreas cercanas a los centros de desembarque, distante varias horas y/o en menor medida faenas de pesca, en las cuales existen embarcaciones transportadoras del recurso desde las zonas de extracción más remotas hasta el puerto, práctica que ha disminuido con el tiempo y ha sido reemplazada por embarcaciones de mayor capacidad de bodega y donde opera un mayor número de buzos.

Tabla 5. Rangos de eslora de la flota extractora de almeja en la Región de Los Lagos. Año 2018.

Eslora (m)	Puertos monitoreados										N° Embarcaciones	
	Mauñin	Carelmapu	La Vega	San Rafael	Yuste	Ancud	Pudeto	Dalcahue	Queilén	Curanué		Quellón
6						2	4				1	7
7	1					3	17	7		1	2	31
8	9	6			1	14	9		2	2	1	53
9	3	16				1	2	1	2	2	12	37
10	6	26	4				3	8	13	1	25	86
11	6	13	4				3	6	3	3	23	61
12	2	11	9				1	5	2	1	28	59
13	1	1	6				1	3			8	20
14			7					1			7	15
15			2						1			3
16	1											1
17											1	1
18											2	2
Sin dato	2	2	2	1		2	4	2	6		5	26
N° Embarcaciones	31	75	34	1	4	36	34	28	30	6	123	402

- **Comercialización**

Las almejas, en general, son altamente demandadas tanto por el mercado interno para consumo en fresco como por la industria procesadora. De acuerdo a datos recopilados por IFOP la mayor proporción de almejas (*V. antiqua*) es comercializada en fresco para el mercado interno (**Figura 12**).

Los precios playa promedio a través del periodo han registrado un aumento progresivo desde el año 2011 (**Figura 13**). El último año estos fluctuaron entre \$428 -\$537 el kilo, con valores máximos de \$750/kg y mínimos de \$240/kg.

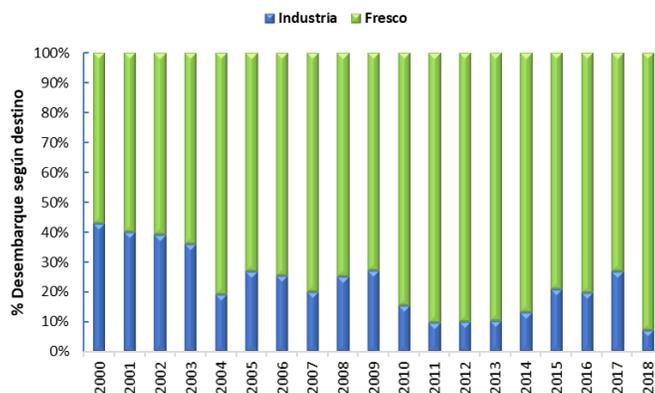


Figura 12. Desembarque de almejas por destino. Región de Los Lagos, periodo 2000-2018 (Fuente: Seguimiento Bentónico IFOP).

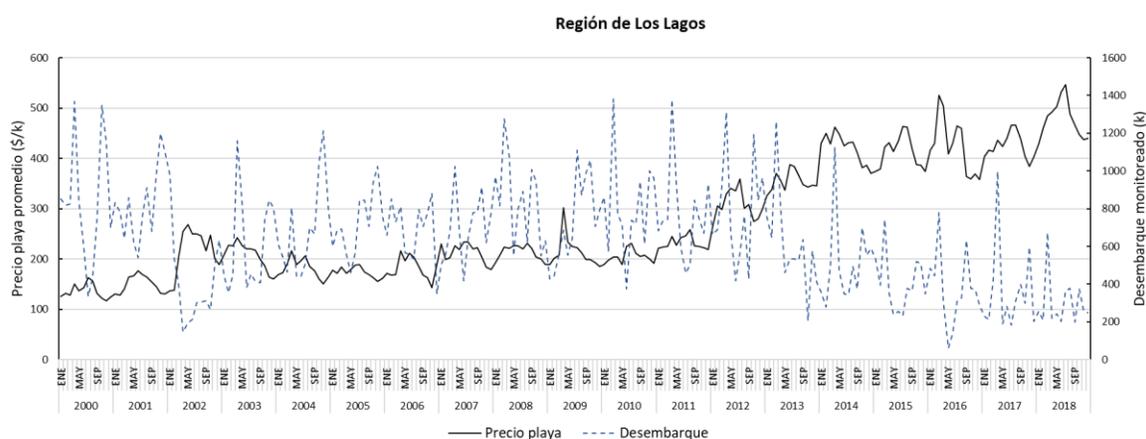


Figura 13. Precios playa promedios monitoreados en la Región de Los Lagos. Periodo 2000 -2018 (Fuente: Seguimiento Bentónico IFOP).

Las exportaciones desde el año 2000 en adelante registran datos asociados a almeja (*V. antiqua*), almeja o taca, almeja s/e y culengue-almeja. Sin embargo, en cualquier caso, se observa una continua disminución en los niveles exportados (Tabla 6).

Tabla 6. Cantidades (t) exportadas de almeja. Período 2000 - 2018.

Año	Almeja (<i>V.antiqua</i>)	Almeja o taca	Almeja S/E	Total almejas(t)	Culengue-Almeja	Total (t)
2000		1.806,214		1.806,214	1.215,160	3.021,374
2001	1.880,451	150,176		2.030,627	698,101	2.728,728
2002	1.352,561	140,165		1.492,726	649,891	2.142,617
2003	826,083	31,608	739,409	1.597,100	948,861	2.545,961
2004	158,378	24,517	1.665,623	1.848,518	665,729	2.514,247
2005	305,174	209,090	2.146,655	2.660,919	608,927	3.269,846
2006	475,808	216,197	1.545,248	2.237,253	500,350	2.737,603
2007	178,281	457,360	1.213,610	1.849,251	603,258	2.452,509
2008	331,402	835,979	1.109,355	2.276,736	750,369	3.027,105
2009	555,732	357,962	204,462	1.118,156	453,191	1.571,347
2010	549,362	511,282	0,025	1.060,669	679,146	1.739,815
2011	461,766	362,344	7,564	831,674	368,152	1.199,826
2012	414,216	291,470		705,686	288,811	994,497
2013	278,735	188,560		467,295	243,505	710,800
2014	374,381	201,565	0,092	576,038	306,884	882,922
2015	458,626	249,937		708,563	280,693	989,256
2016	362,548	37,856		400,404	279,295	679,698
2017	388,087			388,087	286,008	674,095
2018	224,597	2,882		227,479	91,820	319,300
Total (t)	9.576,188	6.075,164	8.632,043	24.283,395	9.918,151	34.201,546

Nota: los datos del año 2018 comprenden el periodo enero - junio

La producción de almejas destinada al exterior, entre el año 2000 y el primer semestre del 2018, fue exportada a un total de 48 países en formato fresco refrigerado (0,3%), congelado (3,8%) y en conserva (96%). Al analizar el grupo conformado por almejas (*V. antiqua*), almeja o taca y almeja s/e, se observa que los productos elaborados se exportaron a 39 países, donde destaca España por concentrar el 90% de las exportaciones, le sigue en importancia Estados Unidos (5%) y Japón (1%). En el caso de culengue-almeja, las mayores exportaciones fueron a Singapur (52%), Malasia (25,9%), Hong-Kong (7,2%), China (4,4%), Estados Unidos (3,4%) y Taiwan (3%), mientras que el porcentaje restante (4%) se distribuyó en 17 países (Figura 14).

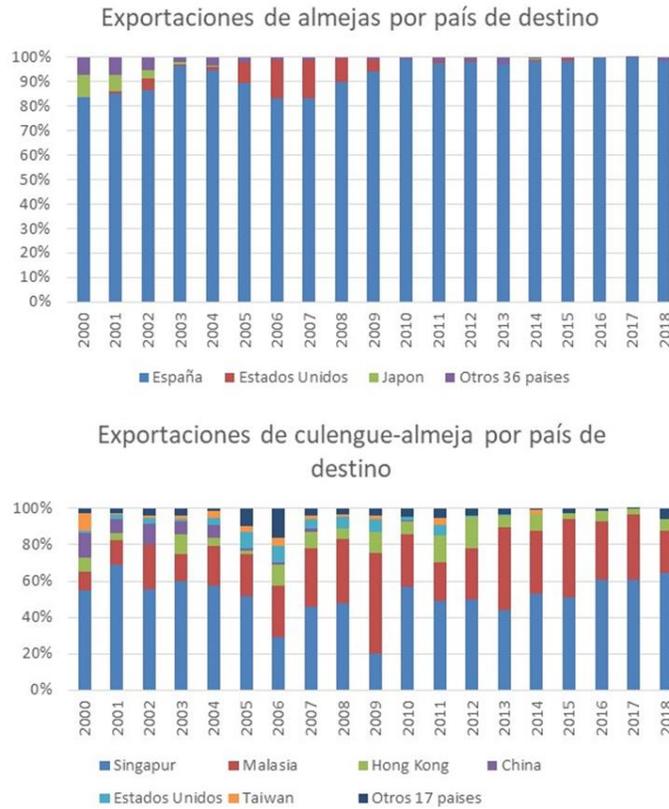


Figura 14. Exportaciones anuales de almejas y culengue-almeja expresadas en porcentaje, por país de destino. Periodo 2000 -2018 (Fuente: Aduana).

ii. Localización del área de estudio

Respecto al área de aplicación de este proyecto, y de acuerdo al Proyecto de Seguimiento de Pesquerías Bentónicas, se han podido identificar cerca de 181 procedencias que vieron actividad extractiva del recurso almeja. En toda la zona de aplicación del estudio se obtuvieron datos de captura, rendimiento, estructuras de tallas y pesos. Las zonas de Ancud y Quellón Sur son las que más registros de captura tuvieron durante el periodo analizado entre 2000 y 2016.

Para los objetivos de este proyecto se definieron tres zonas de evaluación, las cuales están ubicadas en la zona comprendida en la 1) Bahía de Ancud, 2) sector sur de la Isla de Chiloé, y el 3) sector norte de la Región de Aysén. Para ello, y luego de reuniones sostenidas entre los grupos de trabajo participantes del proyecto, a saber: PUCV, UACH e IFOP, se establecieron los criterios para definir las áreas de evaluación. Se utilizaron los registros georreferenciados de operación de la flota, en donde se identifican los bancos que se visitan generalmente y que son asumidos como lugares de distribución frecuente (parches) del recurso. Una vez analizados estos bancos frecuentados por los buzos extractores de almeja, se definen las zonas de operación más persistentes en el tiempo, lo que hizo posible identificar las 3 unidades de stocks utilizadas en este proyecto, y en donde se aplicaron los modelos de evaluación de stock (**Figura 15**).

Las unidades de stock y su estructuración espacial es el principal supuesto utilizado en este proyecto, en donde se consideraron aspectos relativos a distribución espacial de la almeja por medio de la operación de pesca y zonas frecuentes de extracción del recurso, los cuales ha descrito el camino conceptual para visualizar cómo se estructuran estas poblaciones en la zona de estudio.

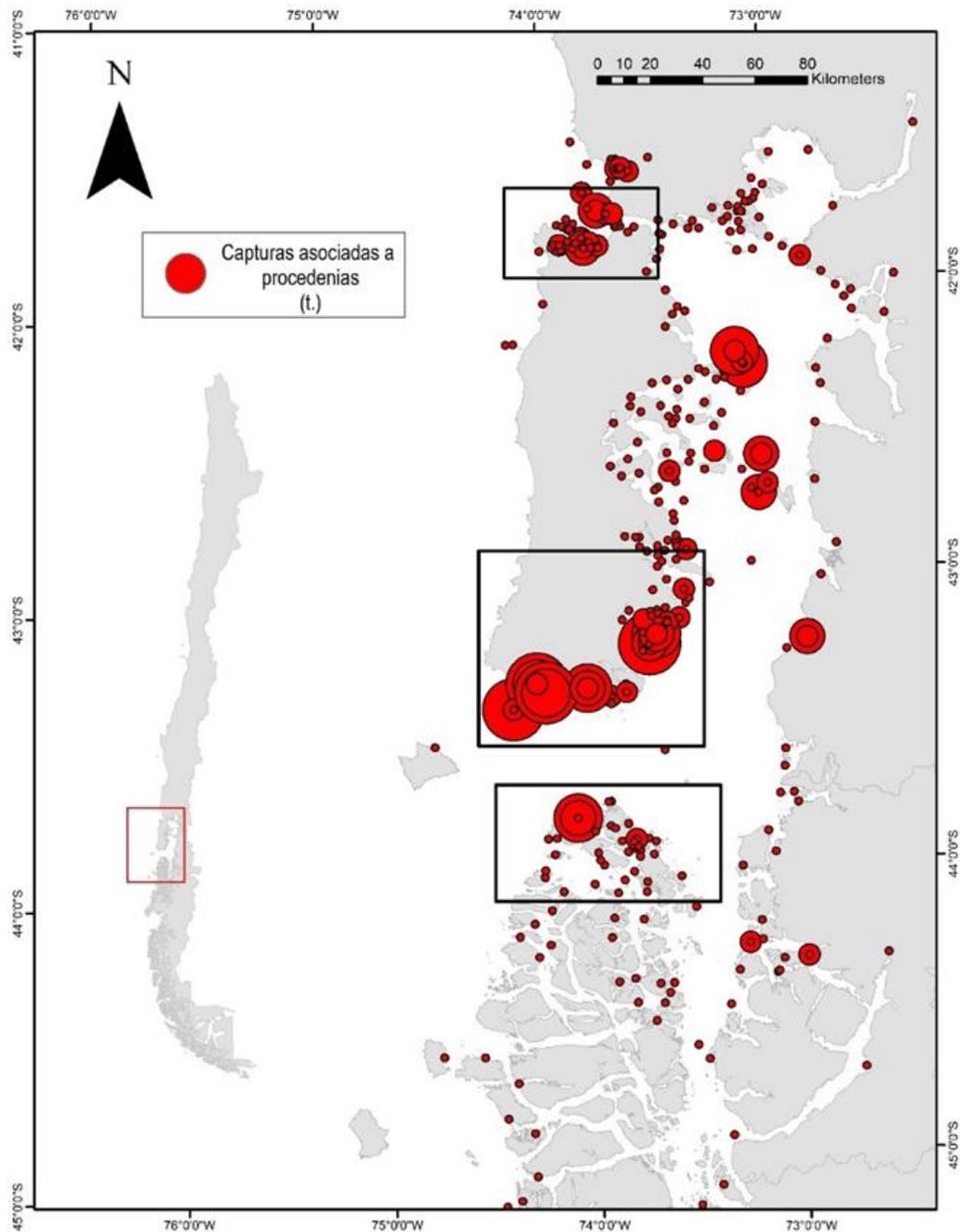


Figura 15. Áreas de procedencias del recurso almeja periodo 2000 - 2016 en la Región de Los Lagos y Aysén. El tamaño de los puntos indica la proporción de la captura acumulada por procedencia monitoreada (Fuente: IFOP). En los recuadros de referencia se identifican las macrozonas de aplicación de evaluaciones de stock.

iii. Efectos de los cierres de área de pesca por marea roja y áreas afectas al Programa de Salud de Moluscos Bivalvos (PSMB)

Los desembarques monitoreados en Los Lagos han decrecido en los últimos años, coincidente con la expansión y mayor atención de las autoridades al fenómeno de la marea roja. A nivel general se pueden ver disminuciones en aquellos años donde el fenómeno fue más intenso, en especial el año 2002. A nivel del puerto, los desembarques de Quellón, que reúne los desembarques provenientes de procedencias ubicadas en la zona sur de Chiloé, presentaron disminuciones en aquellos años donde el fenómeno fue más intenso, con excepción del año 2006 que mantuvo niveles de los años contiguos (**Figura 16**).

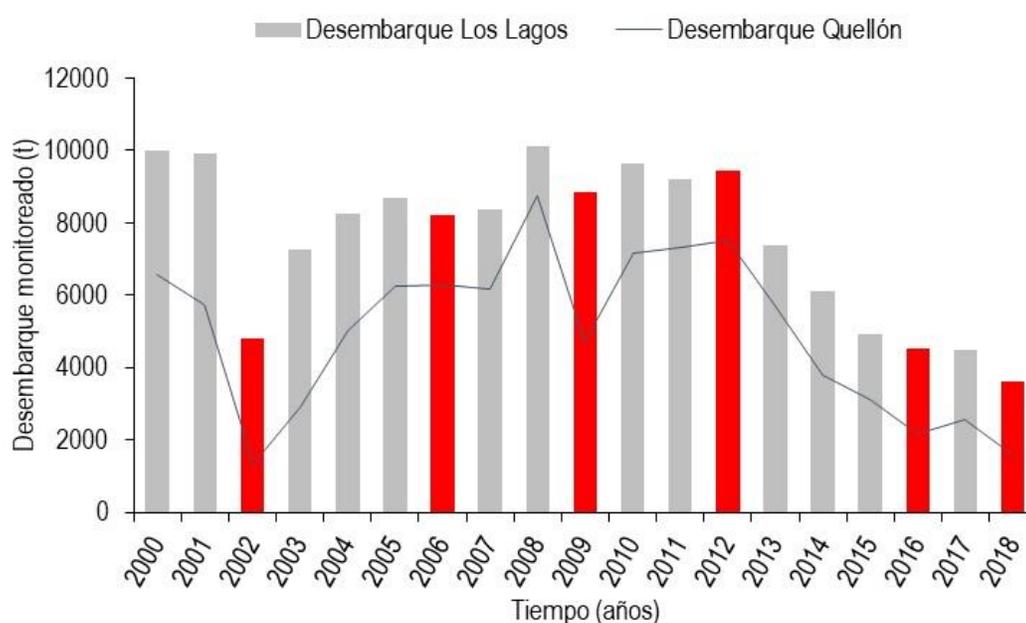


Figura 16. Desembarques anuales del monitoreo de almejas en la región de Los Lagos (barras) y en el puerto de Quellón (línea negra). Las barras rojas indican años con mayor presencia de eventos de del fenómeno de marea roja.

Históricamente los desembarques de almeja se han concentrado en la zona sur de la Isla de Chiloé, no obstante, durante el 2018 este patrón fue modificado, posiblemente relacionado a los eventos de marea roja que provocaron cierres temporales en extensas áreas de esta zona. Las procedencias de pesca con mayor desembarque se ubicaron en el área continental de la región de Los Lagos (**Figura 17**). Los sitios PSMB de almejas correspondieron a sectores acotados a pequeños polígonos distribuidos en toda la región, localizados cercanos a las áreas donde el monitoreo registró na concentración de puntos o procedencias de pesca de almeja.

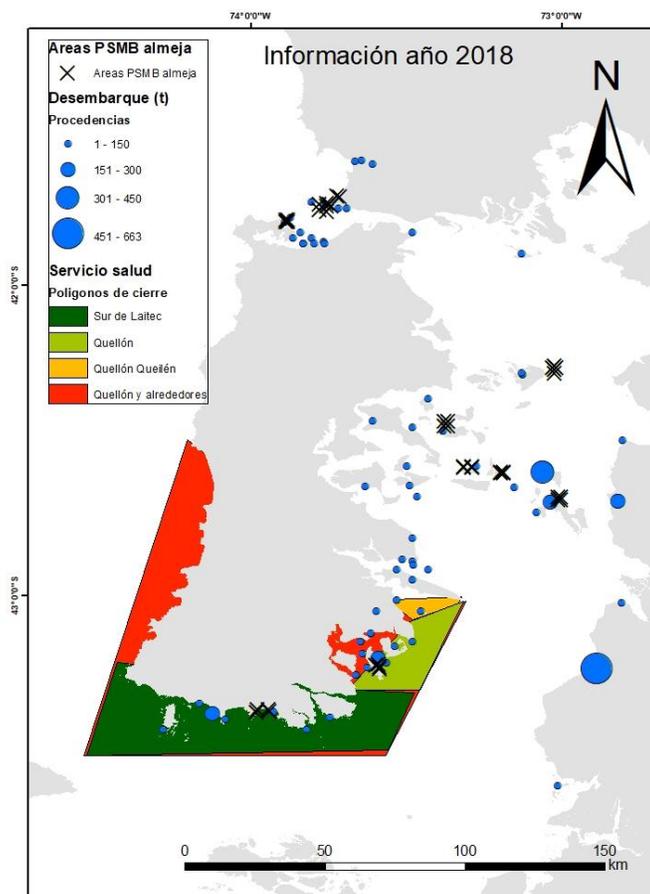


Figura 17. Desembarques monitoreo de almejas, puntos de monitoreo programa de moluscos bivalvos (PSMB) y polígonos de prohibición de extracción de almejas durante el año 2018 en la región de Los Lagos.

Los datos del monitoreo mostraron una disminución de la actividad extractiva en aquellos periodos en que la autoridad sanitaria decretó cierres o prohibición a la extracción de almeja, situación que reflejó un respeto de la medida por parte de los pescadores.

Si bien durante el año 2018 se declararon desembarques desde procedencias ubicadas dentro de los polígonos en periodo de cierre, estos fueron marginales al compararlos con los volúmenes reportados en los meses que estuvieron abiertos, los valores no autorizados estuvieron muy por debajo del desembarque promedio anual de las principales procedencias extractivas (**Figura 18**).

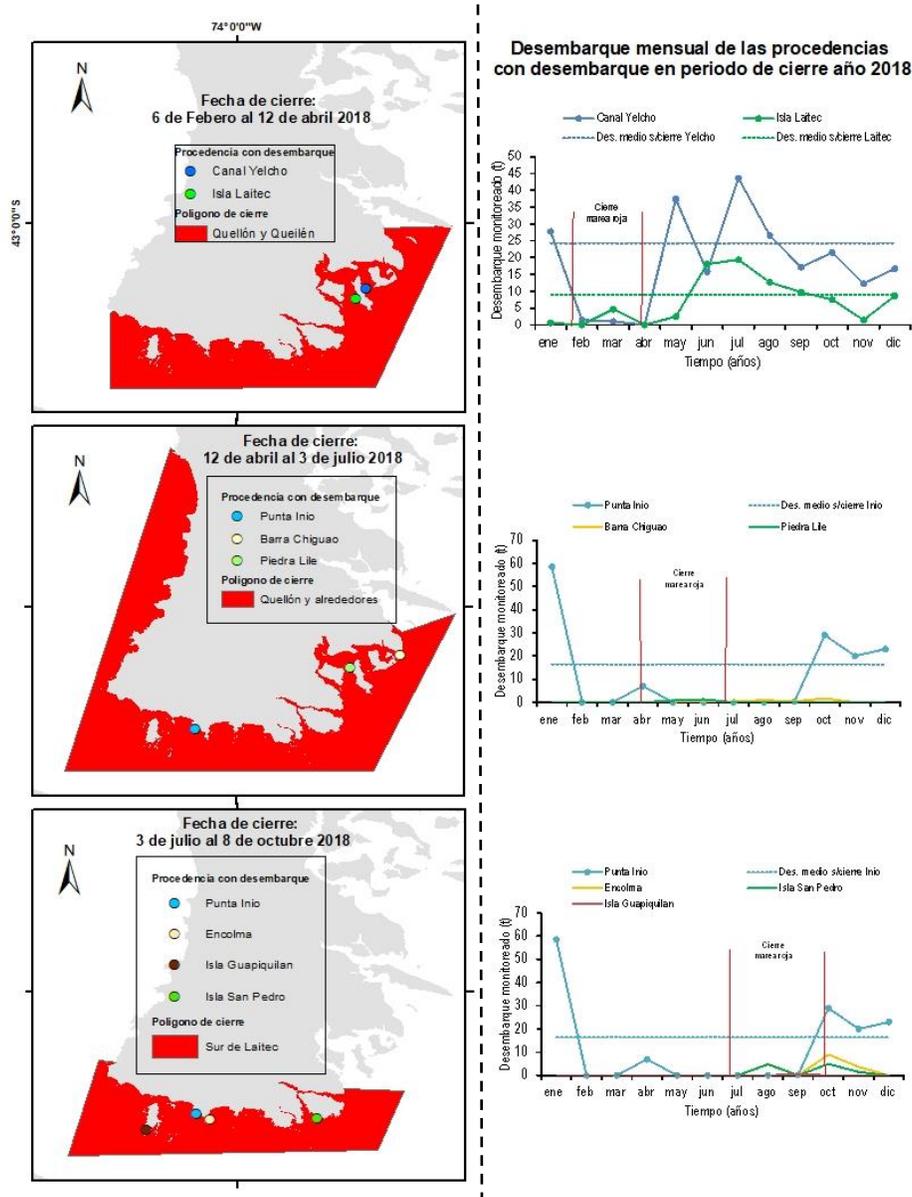


Figura 18. A la izquierda: Polígonos y procedencias extractivas que presentaron desembarques en las fechas en que la autoridad sanitaria decretó el cierre del área. A la derecha: desembarques mensuales de las procedencias de pesca donde se declaró desembarque en periodos de cierre.

Al considerar la totalidad de los desembarques monitoreados en las procedencias extractivas vinculadas con el puerto de Quellón, ubicadas en la zona sur de Chiloé, la pérdida de los desembarques producto de los periodos de cierre y prohibiciones son menores, estando bajo el promedio anual solo en el periodo comprendido entre el 12 de abril y 3 julio (**Figura 19**)

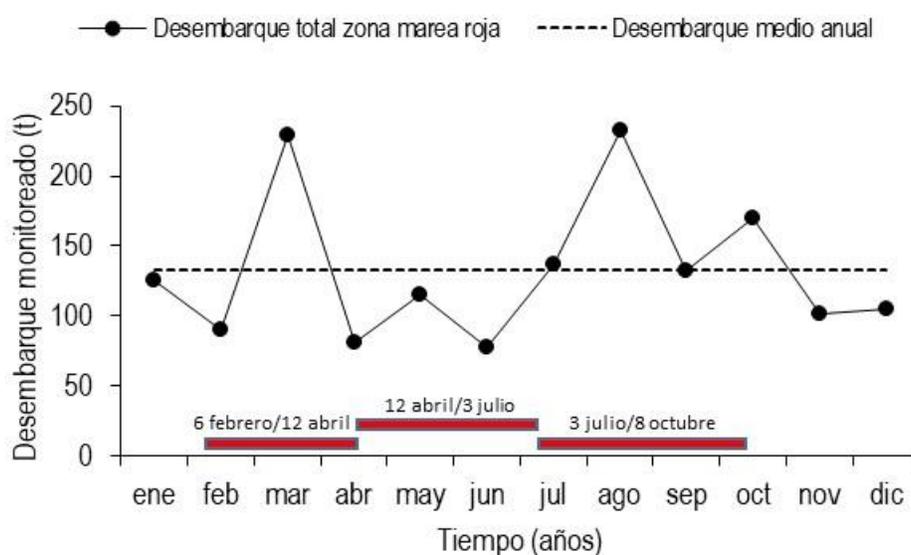


Figura 19. Evolución de los desembarques totales de las procedencias extractivas asociadas al puerto de Quellón. Año 2018. Línea punteada muestra promedio anual de los desembarques y barras rojas periodos de cierre o prohibición de almejas.

iv. Base de datos pesquera y biológica

- **Indicadores por caleta**

El análisis del indicador *número de embarcaciones operando por puerto*, para el periodo 2010 – 2018 mostró que, en cinco de ellos, sobre el 50% de la flota operó sobre el recurso almeja: Pudeto, Maullín, Ancud, Carelmapu y Quellón. Un segundo grupo conformado por Queilén, Yuste, La Vega, Dalcahue y Quemchi presentaron una ocupación de la flota para extraer este recurso que varío entre 49% y 11%, mientras que los tres restantes, Curanué, Melinka y San Rafael, registraron una fracción muy menor operando sobre almeja (**Figura 20**).

El puerto de Quellón destaca por el número de embarcaciones que operaron en almeja, lo cual es concordante con los altos desembarques que se presentan en esta zona. Otros puertos registran alto número de flota, Melinka y San Rafael, pero baja actividad de esta sobre almeja.

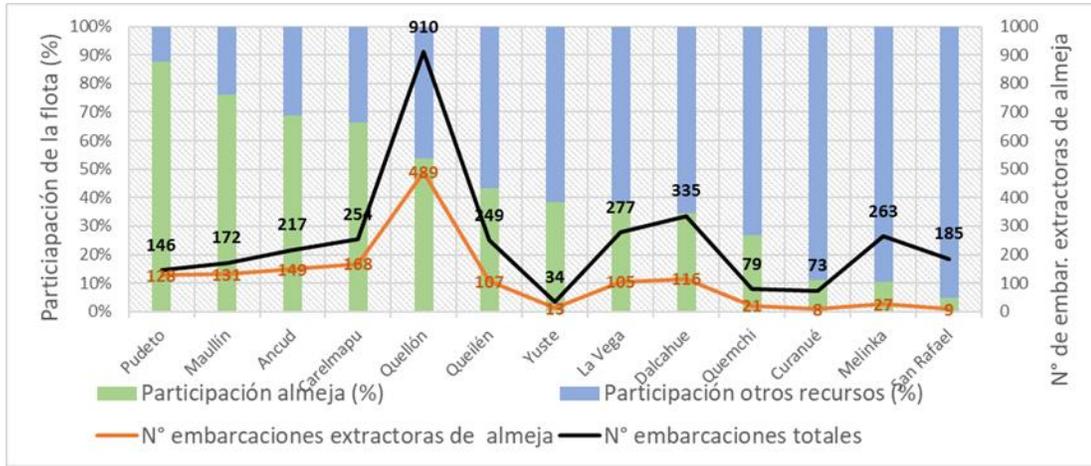


Figura 20. Participación de la flota en la pesquería de almeja en el periodo 2010 – 2018, por centro de monitoreo (Fuente: Proyecto seguimiento bentónico).

El indicador *número de viajes* permitió inferir que los dos primeros puertos, Pudeto y Mauullín, mantienen su nivel de importancia, sin embargo, Quellón presenta una mayor fracción porcentual de viajes con almeja que Ancud y Carelmapu. Los puertos restantes no son significativos en relación a este indicador (Figura 21).

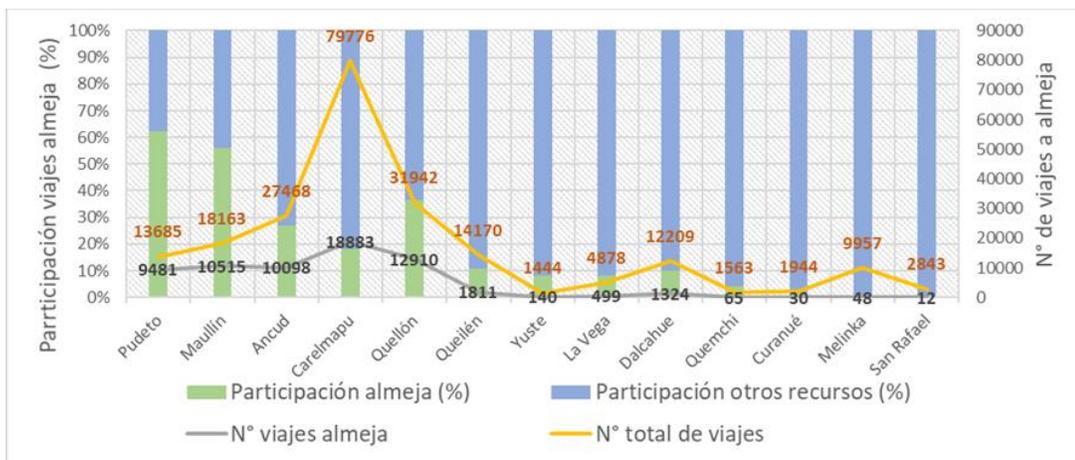


Figura 21. Fracción de viajes (% y número) realizado por la flota por centro de monitoreo para extraer almeja en el periodo 2010 – 2018 (Fuente: Proyecto seguimiento bentónico).

El tercer indicador analizado fue la *valorización del desembarque*. Los puertos donde fue más significativo este indicador fue La Vega, Pudeto, Maullín, Quellón, Ancud y Carelmapu. Otros puertos como Dalcahue y Queilén presentaron una menor participación de la valorización por parte de la almeja (**Figura 22**).

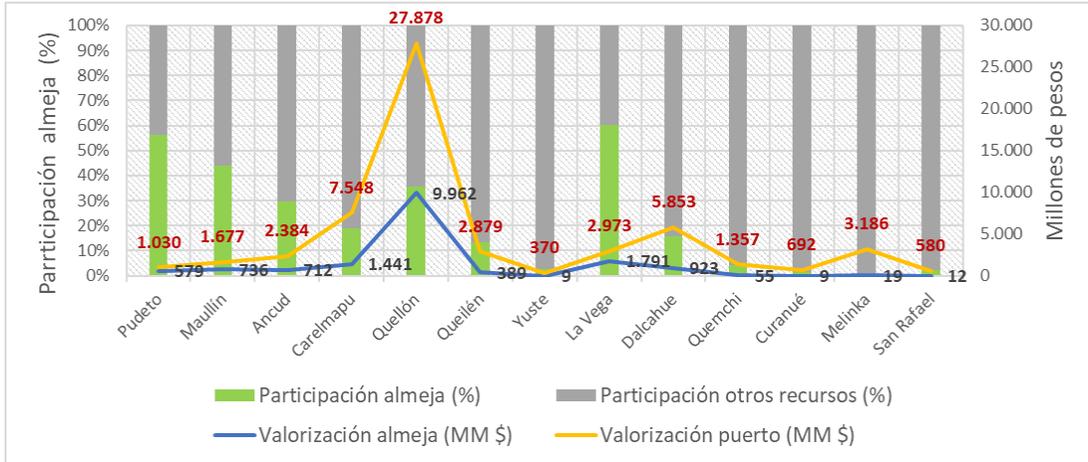


Figura 22. Valorización de la pesquería de almeja y del total de recursos por puerto en el periodo 2010 – 2018. (Fuente: Proyecto seguimiento bentónico).

De los puertos ubicados en el continente, monitoreados por IFOP y que además registraron desembarque de almeja, destacó el puerto La Vega ubicado en la ciudad de Calbuco, como se señaló en el párrafo anterior. El mayor porcentaje de la valorización del puerto fue aportado por este recurso, siguiendo en importancia recursos como cholga, tumbao y otros, con participaciones menores. Mientras que en Maullín la mayor valorización la aporta el piure y en segundo lugar se ubica la almeja, concentrando la comercialización de ambos recursos casi el 100% de los ingresos en esta caleta. En el tercer puerto, Carelmapu, los mayores aportes por concepto de venta de recursos bentónicos provinieron del erizo, el culengue, la almeja y el piure, contribuyendo en conjunto con el 85% de los ingresos (**Figura 22**).

En el sector norte de la isla de Chiloé la actividad más preponderante ejercida sobre almeja ha sido históricamente en Ancud y Pudeto, la cual en esta última década ha mantenido su importancia, contribuyendo la mayor valorización en estas caletas. Junto a la almeja, en Ancud, los recursos jaiba, pulpo del sur, luga roja y en menor medida huepo, en conjunto representaron el 88% de la valorización, existiendo otros 18 recursos que también son desembarcados en esta caleta. Mientras en Pudeto la almeja representa más del 50% de la valorización. Otros recursos como culengue, luga roja y luga negra aportan en conjunto con el 40% (**Figura 22**).

En el centro de Chiloé la caleta de Dalcahue la comercialización de almeja sólo contribuyo con un 16%, porcentaje similar a erizo y luga negra, existiendo otros 13 recursos monitoreados en este puerto. Más al sur, se sitúa Queilén y Quellón. En el primero de ellos, existen otros recursos más importantes que la almeja en términos de valorización, ellos son erizo, pulpo del sur y luga negra, a diferencia de Quellón donde la almeja contribuye con el mayor aporte (36%), seguida de erizo y luga roja (Figura 23).

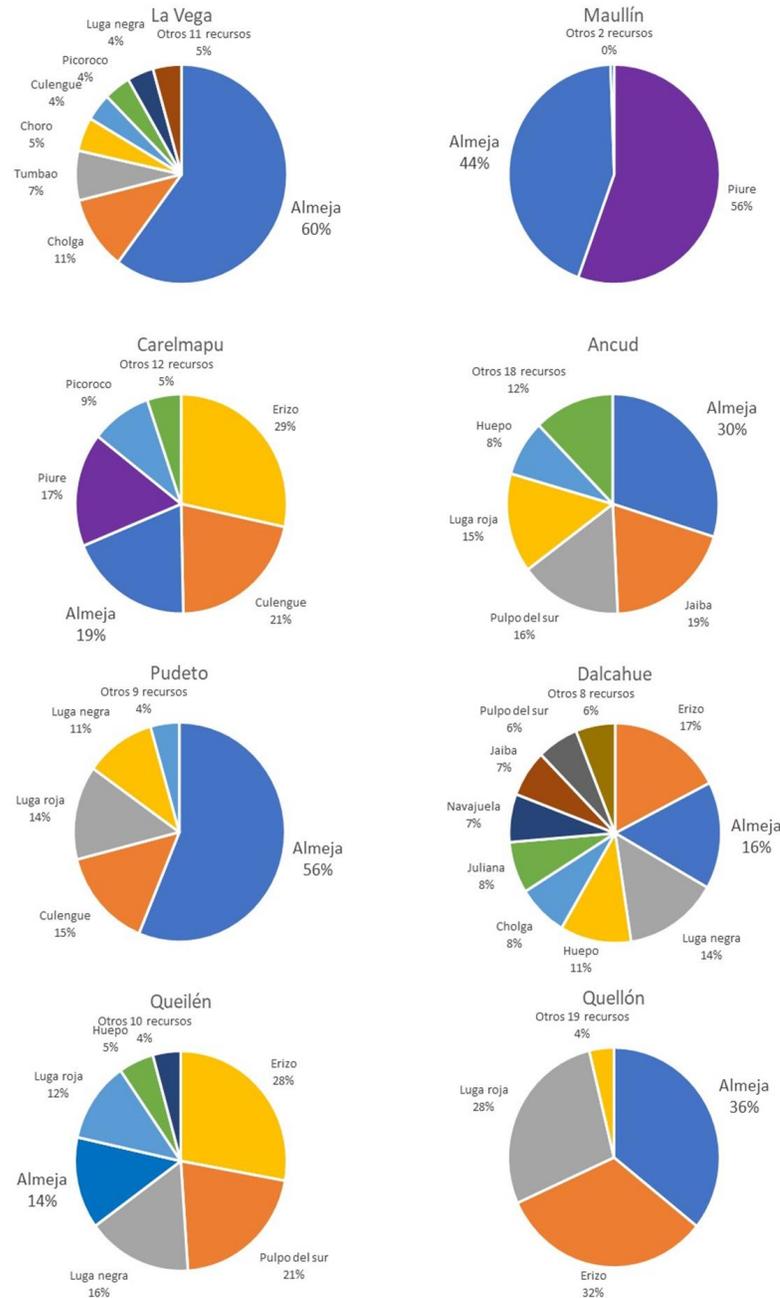


Figura 23. Porcentaje de aporte a la valorización de los diversos recursos explotados por puerto en el periodo 2010 – 2018 (Fuente: Proyecto seguimiento bentónico).

Se generó una base de datos en formato Access a partir de los datos asociados a la actividad extractiva de la pesquería almeja que monitorea IFOP hace más de tres décadas. En la **Figura 24** se observa su estructura, la cual está compuesta de un archivo de captura, que contiene los datos asociados a la actividad de pesca, dos archivos que contienen los muestreos de longitud (tallas) y muestreos de longitud y pesos (biológico-estratificado). Los datos fueron recopilados por IFOP siguiendo un diseño de muestreo establecido y mediante una red de muestreo conformada en la Región de Los Lagos y de Aysén por las siguientes caletas: Maullín, Carelmpau, La Vega, San Rafael, Yuste, Ancud, Pudeto, Dalcahue, Quellón y Melinka. Los maestros (Ms) empleados en la codificación de datos, están relacionados con los puertos de desembarque, especies de almejas, función de la flota (extractora, recolectora u orillero), procedencia de los desembarques (áreas donde los buzos extrajeron el recurso) y destino de las almejas (fresco o industria). Además, se codificaron los datos de la flota (matrícula y nombre de la embarcación encuestada y que desembarcó almejas) y de los buzos, que conformaron el esfuerzo por embarcación.

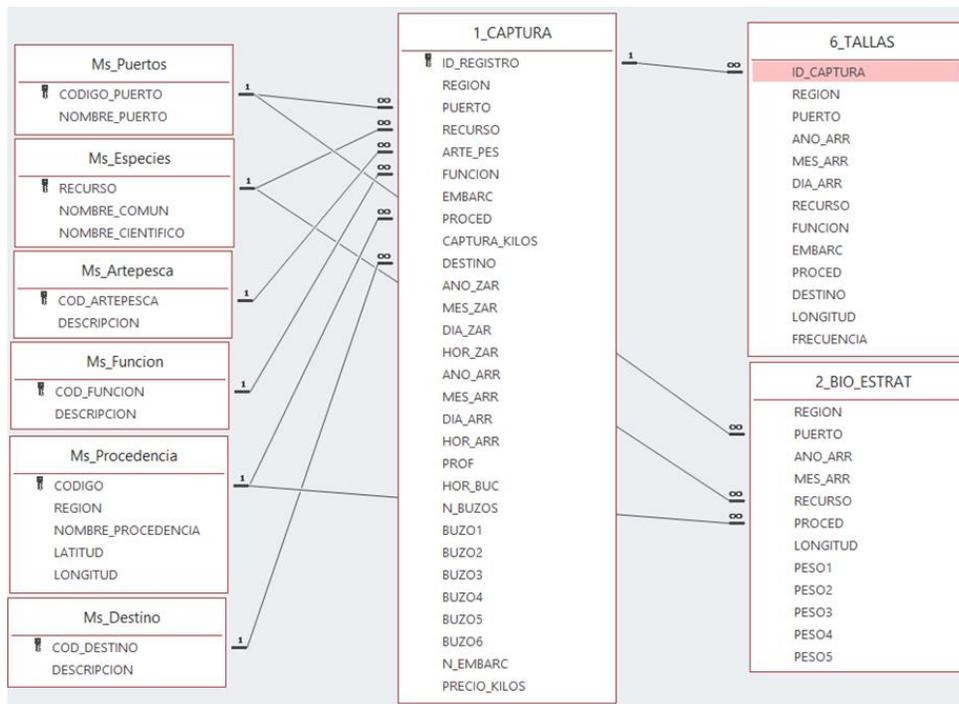


Figura 24. Diseño de la base de datos generada por IFOP mediante el proyecto de seguimiento de pesquerías bentónicas.

Con la base de datos disponible se realizó un análisis preliminar que permitió identificar y caracterizar las zonas pesqueras más importantes, así como el nivel de esfuerzo ejercido a través del tiempo sobre ellas, resultados que llevaron a seleccionar las zonas que fueron sujetas a la evaluación de stock: zona norte Bahía Ancud, zona sur Quellón y región norte de Aysén.

- **Evaluación poblacional**

Con el objeto proveer bases depuradas de datos para los análisis correspondientes para probar la heterogeneidad espacial de los parámetros biológicos de las poblaciones de almeja en la Región de Los Lagos se aplicaron criterios de análisis para la generación de los archivos requeridos, discutidos con el equipo de trabajo en un taller conjunto que se realizó en Valparaíso. Luego se procedió a plotear en un mapa los datos disponibles en la base de datos de IFOP que permitieran definir la información a emplear. Se usó como criterio identificar las áreas de procedencia que dispusieran de muestreos de estructura de talla con más de tres años de muestreo y con un mínimo de 200 ejemplares medidos cada año. El resultado obtenido mostró que existía mayor abundancia de datos en la zona norte, asociados a muestreos realizados en Carelmapu, Maullín, Ancud y Pudeto. Mientras que un segundo grupo de áreas de procedencia se observó en la zona sur de la isla de Chiloé asociado a muestreos realizados a desembarques ocurridos en Quellón, provenientes de flota que opera muy cerca del puerto y que realizan viajes locales, como en la zona sur de la isla de Chiloé, donde la flota ocupa más de un día en desplazarse entre las zonas de pesca y el puerto de desembarque. Un tercer sector estuvo asociado al mar interior de Chiloé, pero en menor escala (**Figura 25**).

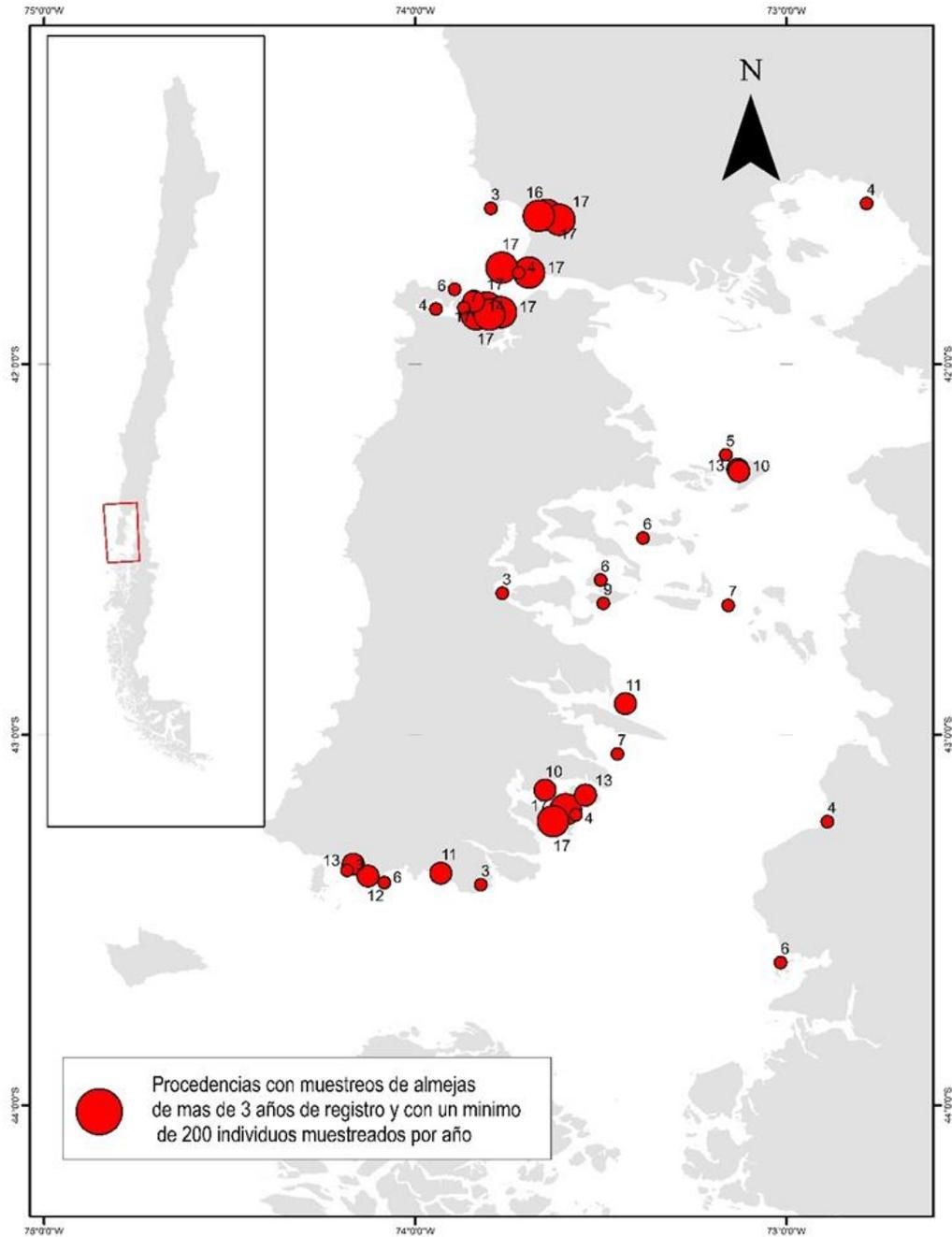


Figura 25. Mapa con las procedencias seleccionadas para el análisis de heterogeneidad espacial de los parámetros biológicos de la almeja en la Región de los Lagos.

Un segundo análisis exploratorio mostró las estructuras de talla agrupadas y su referencia con la talla mínima de desembarque (55 mm), lo que dio cuenta del porcentaje de datos bajo esta medida el cual ha ido disminuyendo a través del tiempo. Se ordenaron las estructuras de tallas seleccionadas para el análisis de heterogeneidad espacial, mostrando las composiciones por cada una de las 41 procedencias y por cada año.

El tercer análisis dio cuenta de los datos asociados a los muestreos de longitud-peso efectuados para las 188 procedencias que fueron registradas con desembarques de almeja entre los años 2000 y 2016 para obtener los parámetros gravimétricos requeridos en el análisis.

- **Variaciones espacio-temporales de los rasgos biológicos**

A partir de la base de la base de datos biológica histórica de *Venus antiqua*, se obtuvieron los valores de peso y talla para cada individuo ($n=78.500$). Un análisis exploratorio de estos datos permitió evaluar la correlación entre el peso total y talla individual (**Figura 26**), presentando un valor de $R^2 = 0.93$, en base a un ajuste potencial.

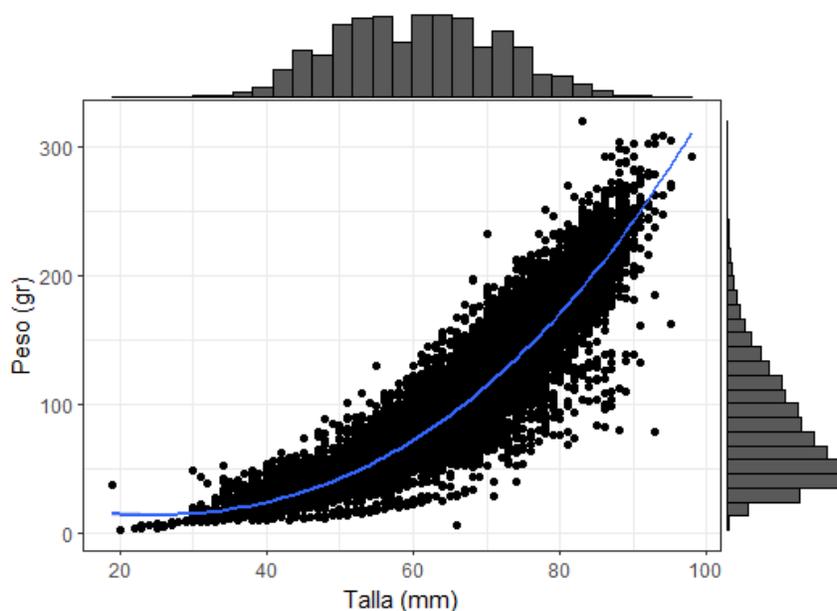


Figura 26. Relación peso total vs talla para el total histórico de individuos muestreados hasta la fecha. Se presentan además la densidad de los datos mediante dos histogramas, talla (superior) y peso (derecho).

Así mismo, esta base de datos permitió evidenciar que existen diferencias tanto en peso como en talla a nivel temporal (anual y mensual), como espacial (procedencias agrupadas en zona norte, centro y sur). Mensualmente es posible observar una disminución en el peso y la talla hacia mediados de año (junio-julio) para el total de procedencias analizadas, mientras que anualmente se señala un aumento relativamente constante en ambas variables (**Figura 27**).

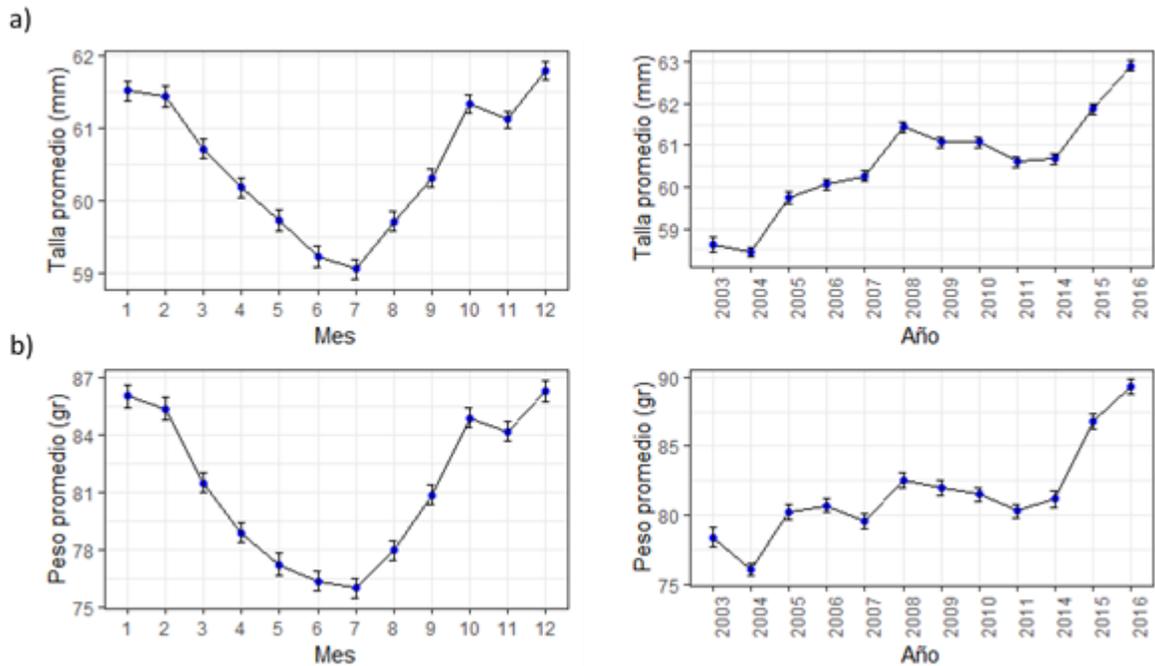


Figura 27. serie mensual y anual para los datos de talla (a) y peso (b) individual.

Análisis GLM – data histórica

Para este análisis se agruparon de manera latitudinal las procedencias en tres zonas (zona 1: entre 41° y 42°S; zona 2: entre 42° y 42.7°S; zona 3: entre 42.7 y 45°S). A partir de la base de datos biológico histórica y con la intención de determinar la existencia de una variación espacial en la talla y peso individual, se realizaron análisis estadísticos mediante el uso de GLM. Los modelos generados junto a sus respectivos detalles son señalados en la **Tabla 7**.

Los distintos modelos empleados para las variables antes mencionadas satisfacen los criterios mínimos de bondad de ajuste, demostrado en el histograma de los residuales de los modelos, y en la falta de tendencia de los residuales en contra de los valores predichos (**Figura 28**). Además, se demuestra la

sugerente linealidad de los desvíos estandarizados respecto de los cuantiles teóricos de la distribución normal (qq-plot) (**Figura 29**).

Tabla 7. Modelos lineares generalizados usados para describir la variabilidad de la talla (mm) y peso (gr) de la especie *Venus antiqua*.

Modelos	Var. Resp.	Variabiles	Distribución	Enlace
mtalla	Talla	Mes + Año + Zona	gaussian	identity
mpeso	Log (Peso)	Mes + Año + Zona + log(T)	gaussian	identity

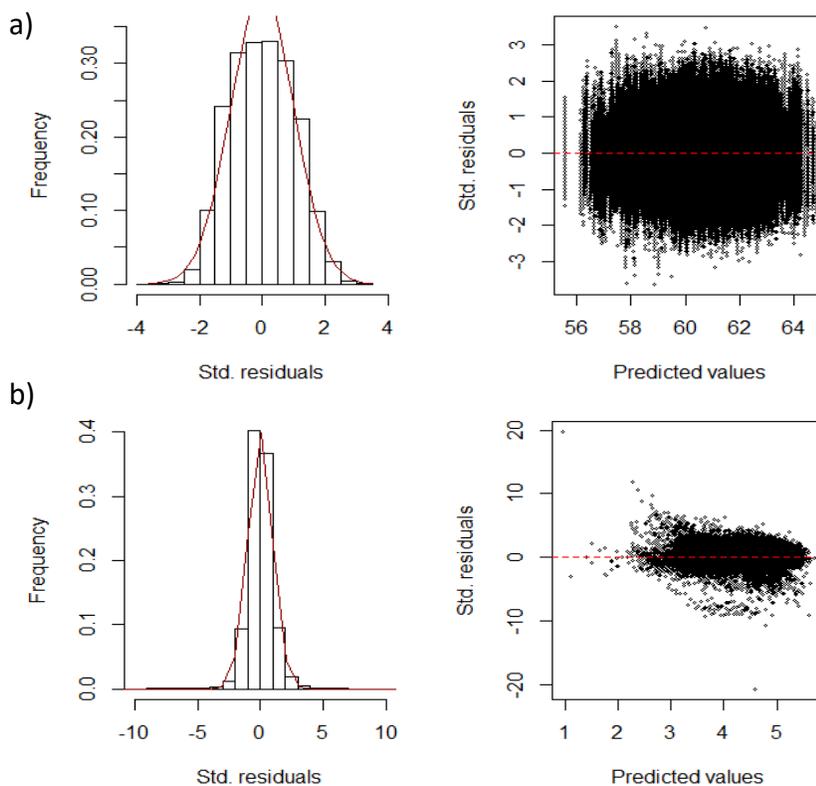


Figura 28. Diagnóstico del ajuste de modelos para las variables a) Talla, y b) peso. Los paneles izquierdos muestran el histograma de los residuales, mientras que los paneles derechos muestran los datos residuales vs los predichos.

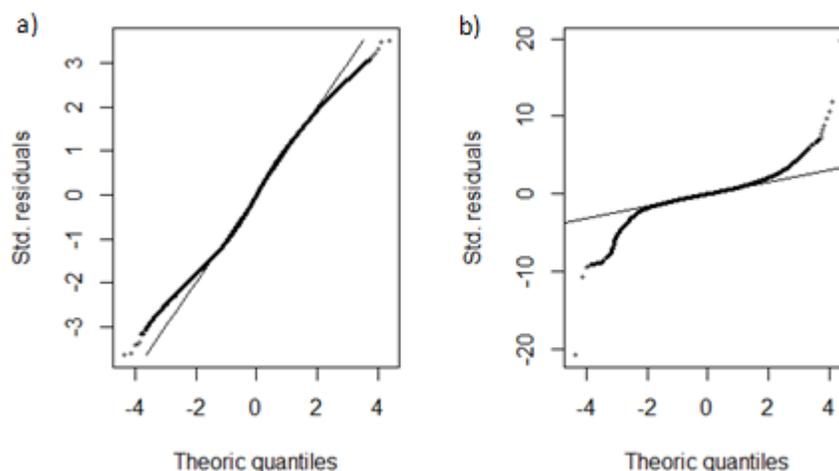


Figura 29. Gráfico de Quantil-Quantil para las variables a) Talla, y b) Peso.

Ambos modelos (mtalla y mpeso) explicaron un 2% y 94% de la devianza residual respectivamente (**Tabla 8**). Para el caso de la talla individual, se observa una clara tendencia intra-anual, con una mínima en los meses de junio-julio (**Figura 30.a**) y una máxima en el mes de diciembre, tal como se observó en el análisis a-priori de la base de datos. En escala anual, el modelo indica que la talla individual de almeja ha ido en un aumento relativamente constante desde el año 2003, independiente del mes del año y la zona de estudio (**Figura 30.b**). Además, los coeficientes del modelo señalan una clara diferenciación espacial, siendo la zona 2 la que presenta individuos de menores tallas (**Figura 30.c**).

Por otra parte, para el modelo de peso individual a la talla, existe un comportamiento mensual menos marcado y menos variante respecto al entregado por el modelo de talla, donde si bien existe un periodo intra-anual de peso promedio mínimo (abril), durante la mayor parte de los meses el peso no varía de manera significativa (**Figura 30.d**). Cabe destacar que el mes en que se reporta el mayor peso promedio de los individuos es aquel donde son reportadas las menores tallas. En escala anual, se observa que el peso promedio disminuyó de manera constante entre el 2003 y 2008, y desde el 2008 hasta la fecha ha ido en un aumento gradual (**Figura 30.e**). Por último, el modelo señala que, en la escala espacial, los individuos de almeja poseen un peso promedio menos en la tercera zona, es decir, hacia el sur de la zona de estudio (**Figura 30.f**).

Tabla 8. Componentes de la desviación, grados de libertad, porcentaje de desviación explicada y número de parámetros del GLM utilizados para describir la variabilidad de las variables biológicas analizadas.

Modelos	Null.dev	g.l	Res.dev	g.l	Δ dev	n par
mtalla	9242356	78498	9032738	78474	2%	25
mpeso	23920.3	78498	1438.9	78473	94%	26

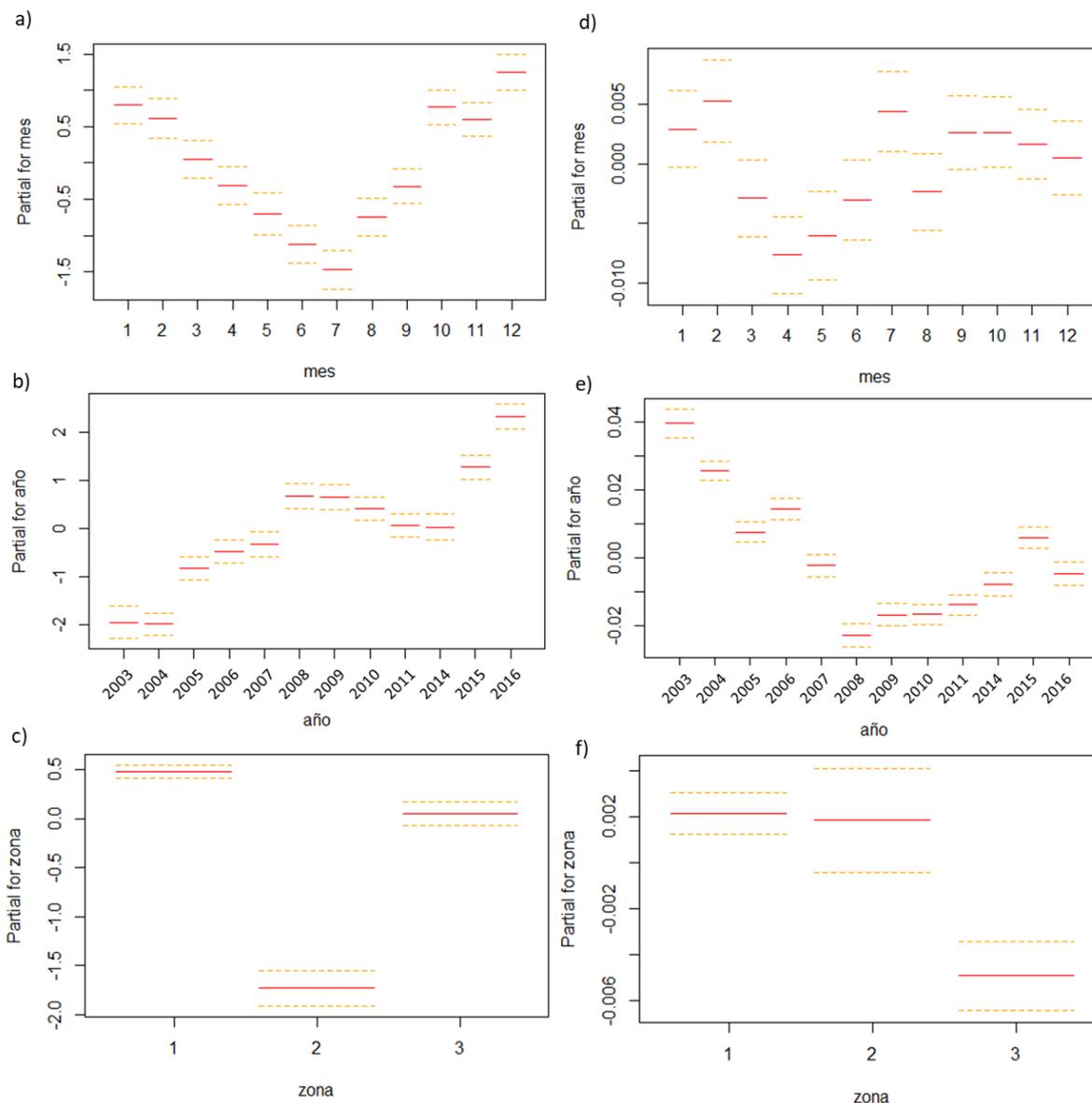


Figura 30. Coeficientes parciales del efecto mensual, anual, y por zona obtenidos de los GLM aplicados a la base de datos biológico de *Venus antiqua* para talla (izq. a, b y c) y peso (der. c, d y e).

- Estimación de parámetros de crecimiento por identificación de componentes modales e identificación de patrones espaciales

A partir de la base de datos biológicos históricos del recurso almeja, se generaron parámetros de crecimiento específicos para 40 procedencias distribuidas en la décima Región. Sin embargo, gran parte de las procedencias analizadas no presentaron información robusta (i.e. continuidad del registro de tallas en los años), por lo que la base fue filtrada con el fin de dejar aquellas procedencias que entregaran los datos más informativos (**Figura 31**), quedando finalmente con 19 procedencias. Los parámetros de crecimiento detallados para cada procedencia analizada se encuentran en la **Tabla 9**, donde la localidad con individuos de mayor L_{∞} corresponde a Ahui (procedencia 9000), mientras que aquella con individuos de menor L_{∞} es Acui (procedencia 9125). El filtro realizado sobre el total de procedencias determinó que aquellos polígonos con una robustez de datos suficientes fueran los polígonos 2, 4, y 6.

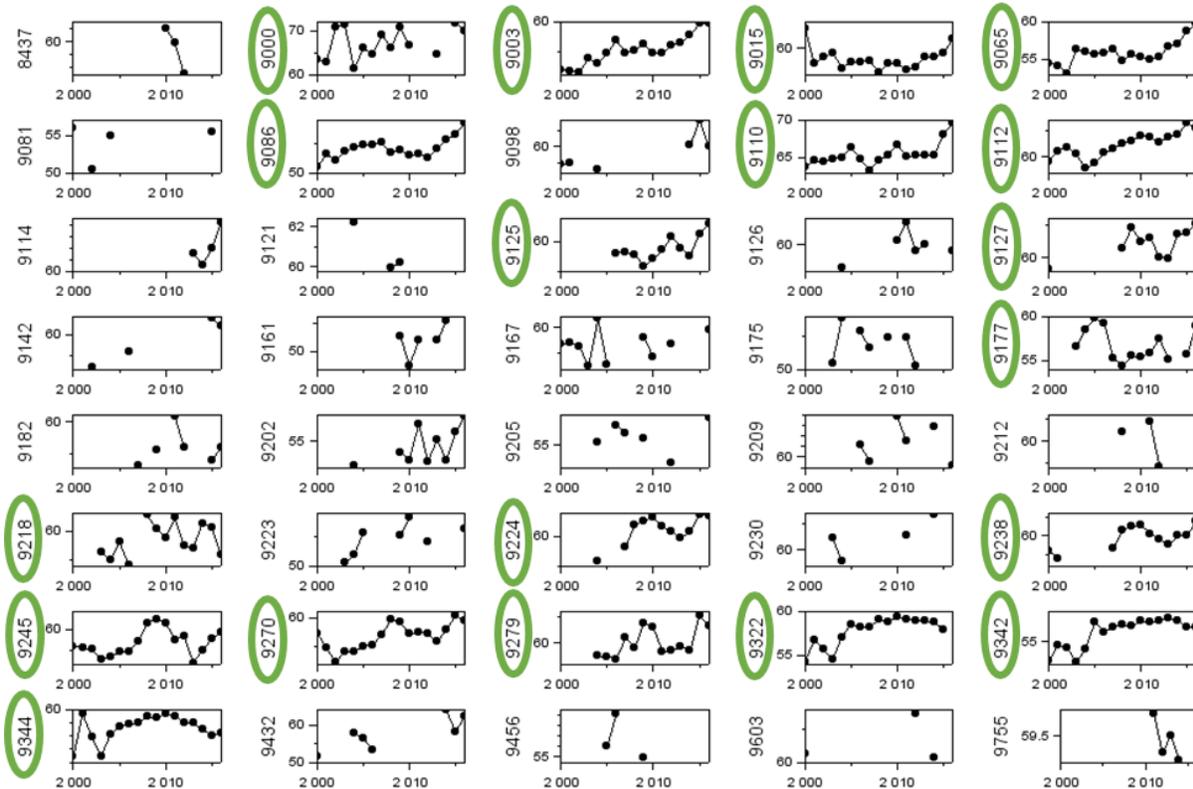


Figura 31. Talla promedio anual por procedencia. En verde se destacan las procedencias seleccionadas.

Tabla 9. Parámetros de crecimiento para cada procedencia analizada.

Nombre	Procedencia	Polígono	L_{∞}	k	Lo	Edad crítica	Talla crítica
Ahui	9000	2	85.86	0.18	30.34	6.97	63.81
Bahia Ancud	9003		76.65	0.19	30.64	6.86	57.02
Isla Cochino	9015		79.99	0.19	29.11	6.76	59.55
Mutrico	9065		83.42	0.17	34.32	7.65	61.68
Rio Pudeto	9086		77.78	0.15	34.31	8.38	57.26
Punta Chocoi	9110		78.46	0.27	29.38	4.82	59.82
Punta Lenqui	9112		78.08	0.23	42.41	5.62	58.84
Pangal	9322		75.66	0.20	29.87	6.35	56.55
Dunas	9342		75.76	0.22	28.15	5.78	56.97
Faro Maullin	9344		76.65	0.18	39.55	6.90	57.00
Islas Butachauques	9177	4	79.42	0.17	28.56	7.39	57.82
Acui	9125	6	72.61	0.17	47.60	7.34	53.15
Chenque	9127		80.80	0.19	43.86	6.56	59.53
Isla Cailin	9218		76.59	0.19	39.84	6.50	56.47
Asasao	9224		81.16	0.23	32.73	5.44	60.57
Punta Inio	9238		79.10	0.20	35.02	6.16	58.51
Isla Laitec	9245		76.86	0.20	28.34	6.11	56.89
Canal Yelcho	9270		75.64	0.17	34.66	7.17	55.44
Punta Tiques	9279		78.98	0.20	25.43	6.37	58.29

Además, se generó una tabla comprendiendo el cálculo de mortalidad natural M en base a las diversas metodologías planteadas por distintos autores (**Tabla 10**). Se logra apreciar la gran variación de resultados dependiendo tanto del área como de la metodología utilizada, siendo la de Brey y Cage la que entrega los menores valores ($M = 0.26$ promedio), y la de Then *et. al* la de mayores valores ($M = 0.60$ promedio). Cabe destacar que la mortalidad natural en los modelos M4, M5, M6 y M7 (ver pie de **Tabla 10**) es igual para el total de áreas, ya que su cálculo se basa en la edad máxima (M4, M6, y M7), o bien en la edad de madurez (M5), ambos valores fijos para el recurso sin importar la zona.

Tabla 10. Mortalidad natural (M) para cada procedencia analizada mediante distintas metodologías.

Nombre	Procedencia	Polígono	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Ahui	9000	2	0.331	0.283	0.240	0.440	0.413	0.478	0.594
Bahia Ancud	9003		0.337	0.294	0.244	0.440	0.413	0.478	0.594
Isla Cochino	9015		0.342	0.296	0.248	0.440	0.413	0.478	0.594
Mutrico	9065		0.300	0.258	0.217	0.440	0.413	0.478	0.594
Rio Pudeto	9086		0.273	0.238	0.196	0.440	0.413	0.478	0.594
Punta Chocoi	9110		0.491	0.427	0.361	0.440	0.413	0.478	0.594
Punta Lenqui	9112		0.417	0.362	0.304	0.440	0.413	0.478	0.594
Pangal	9322		0.366	0.320	0.266	0.440	0.413	0.478	0.594
Dunas	9342		0.404	0.353	0.295	0.440	0.413	0.478	0.594
Faro Maullin	9344		0.335	0.292	0.243	0.440	0.413	0.478	0.594
Islas Butachauques	9177	4	0.300	0.260	0.217	0.440	0.413	0.478	0.594
Acui	9125	6	0.306	0.269	0.221	0.440	0.413	0.478	0.594
Chenque	9127		0.344	0.297	0.249	0.440	0.413	0.478	0.594
Isla Cailin	9218		0.348	0.303	0.252	0.440	0.413	0.478	0.594
Asasao	9224		0.420	0.363	0.307	0.440	0.413	0.478	0.594
Punta Inio	9238		0.368	0.319	0.267	0.440	0.413	0.478	0.594
Isla Laitec	9245		0.371	0.324	0.270	0.440	0.413	0.478	0.594
Canal Yelcho	9270		0.313	0.274	0.226	0.440	0.413	0.478	0.594
Punta Tiques	9279		0.355	0.308	0.258	0.440	0.413	0.478	0.594

(M1) Charnov et. al 2012

(M2) Gislason et. al 2010

(M3) Brey & Cage 1977

(M4) Hoening 1983

(M5) Jensen 1996

(M6) Appeldoorn 1988

(M7) Then et. al 2014

Para el total de procedencias analizadas se calculó un L_{∞} promedio de $78.4 \text{ mm} \pm 3.04$, un $k = 1.94$ y un $L_0 = 33.9 \text{ mm}$ (**Tabla 11**). Sin embargo, es posible apreciar que los parámetros de crecimiento varían dependiendo del polígono de estudio (**Figura 32**), y tal como se observa en las **Tabla 9** y **Tabla 10**, son particulares para cada procedencia y no es posible determinar una variación latitudinal para estos. Cabe destacar además que el polígono 4 solo está representado por una procedencia (procedencia 9177), correspondiente a Islas Butachauques, lo cual impide tener un mayor nivel de certeza sobre los parámetros para individuos de almeja de esa zona.

Tabla 11. Promedio de Parámetros de crecimiento L_{∞} , k , y L_0 para el total de áreas, así como para los polígonos 2, 4 y 6.

		L_{∞}	k	L_0	a_edad	b_edad
Promedio Total		78.393	0.194	33.900	0.001	0.081
Promedio Polígono	2	78.830	0.198	32.807	0.001	0.078
	4	79.423	0.165	28.559	0.001	0.083
	6	77.717	0.194	35.934	0.001	0.084

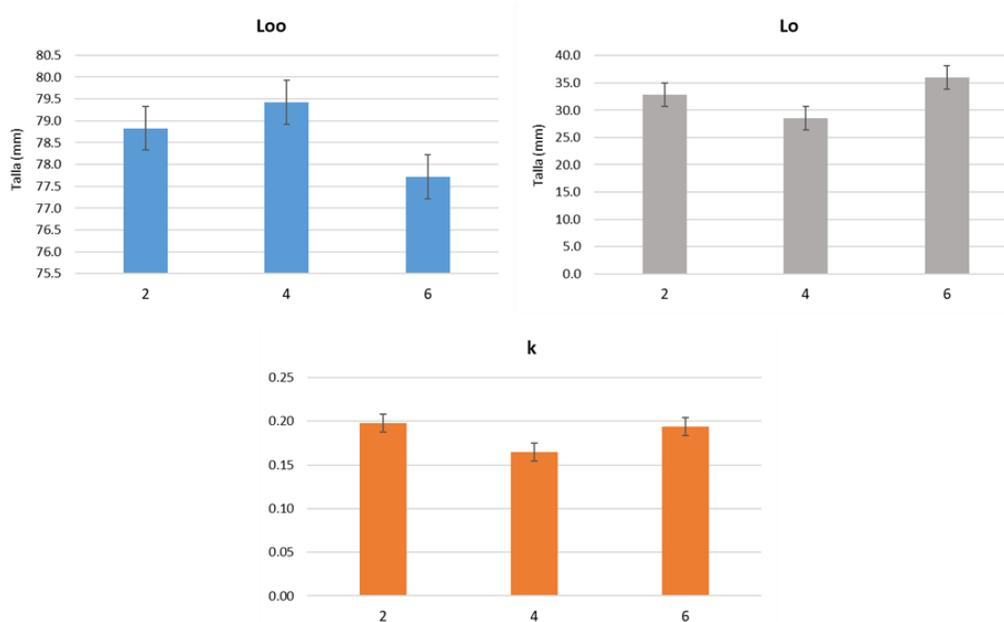


Figura 32. Gráficos de barra representando la variación entre polígonos (2, 4 y 6) para los parámetros L_{∞} , L_0 , y k .

- **Marcaje y recaptura**

El marcaje de los ejemplares de almeja (*V. Antiqua*) fue realizado en los sectores de El Manzano y Ancud, en las regiones de Aysén y Los Lagos los días 28 de enero y 6 de febrero de 2019, respetivamente (**Figura 33**).

Los ejemplares recolectados se clasificaron en 7 rangos de talla, 6 grupos de 10 mm cada uno desde los 10 mm y hasta los 70 mm, y un 7 grupo, en donde fueron clasificados los individuos mayores que 70 mm. En el sector de El Manzano, se marcó un total de 1043 almejas, siendo los grupos de talla de 10-20 mm y 20-30 mm los más difíciles de recolectar, logrando el marcaje de 22 y 122 ejemplares por rango de talla respectivamente. En Ancud se marcó un total de 885 individuos, en donde los rangos extremos de 10-20 mm y > 70 mm fueron los menos representados, logrando marcar solo 2 ejemplares en cada uno (**Tabla 12**).



Figura 33. Fotografía de la actividad del marcaje de *V. antiqua*.

Tabla 12. Número de ejemplares marcados y recapturados por zona de muestreo y rango de tallas.

Grupo	Rango de Tallas (mm)	Nº de Individuos Marcados		Nº de Individuos Recapturados	
		El Manzano (26 ene)	Ancud (06 feb)	El Manzano (16 jun)	Ancud (15 may)
1	10-20	22	2	-	-
2	20-30	112	131	9	91
3	30-40	179	180	64	129
4	40-50	171	222	82	185
5	50-60	170	201	6	119
6	60-70	200	147	53	86
7	> 70	189	2	62	2
Total		1043	885	276	612

La recaptura de los ejemplares marcados en Ancud se efectuó el 15 de mayo, con un 70,95% de éxito de recaptura. El rango 40-50 mm de longitud fue el más recapturado, con un 84%. Por otra parte, en isla Manzano se recapturó un 26,66% del total de ejemplares marcados durante el muestreo realizado el 16 de junio de 2019, con una recaptura inferior al 10% en los rangos de 20-30 mm y 50-60 mm. En ambos sectores no se recapturaron ejemplares del primer grupo de tallas (10-20 mm) (**Tabla 12**).

- **Estimación de parámetros de crecimiento por seguimiento de marcas**

En primera instancia, la tasa de crecimiento individual de almeja fue medida como la diferencia en longitud en dos periodos sucesivos, presentando una gran variabilidad para los sectores de Ancud e isla Manzano. La proporción de incrementos por rango de talla se muestra en la **Figura 34**. En ambos sectores, se observa que en individuos de menor rango de talla existe una mayor proporción en el incremento diario de entre 0,02 - 0,04 mm/día y de 0,04-0,06 mm/día. Una proporción de ejemplares > 30 mm no mostró incremento en su longitud en el periodo estudiado, proporción que mostró una tendencia a aumentar hacia mayores tamaños. Se observó una proporción de almejas que no incrementaron su longitud en Isla Manzano, aunque en Ancud sólo se registró un individuo > 70mm.

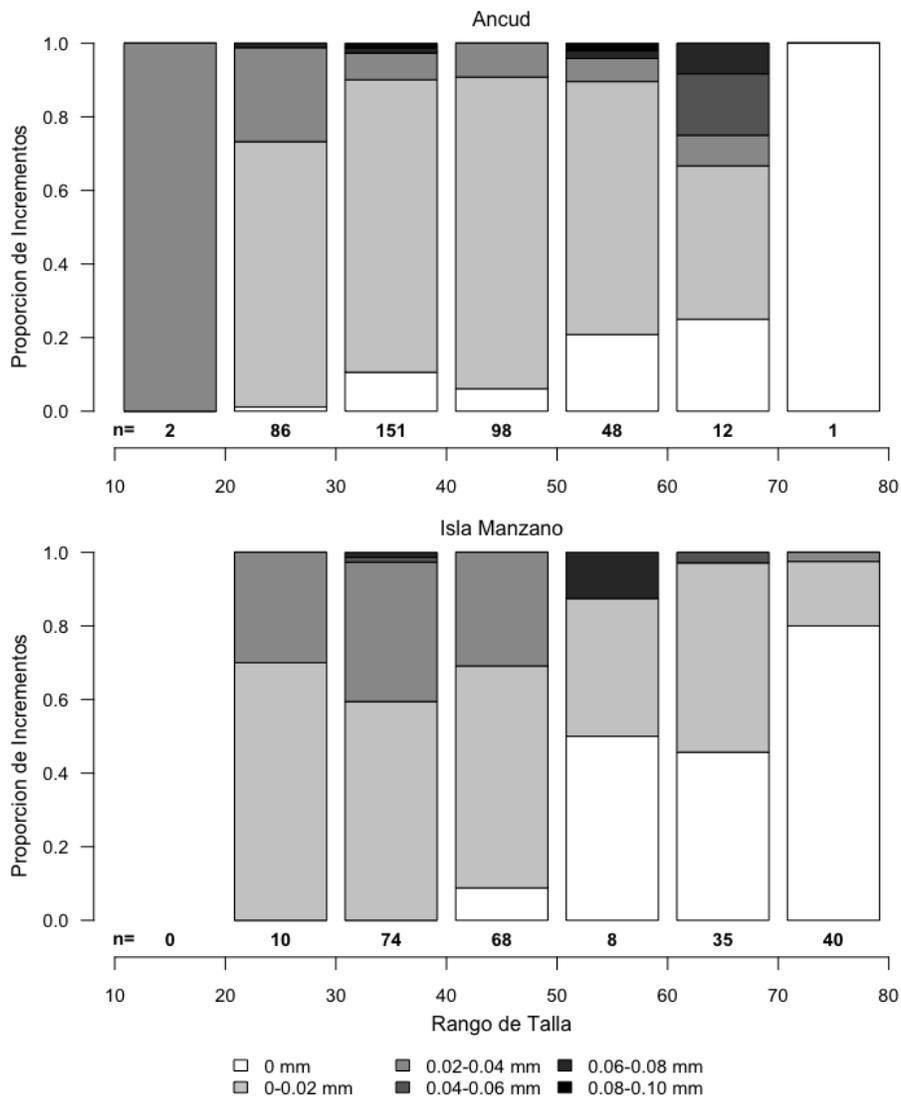


Figura 34. Proporción de incrementos por rangos de talla (mm) en los sectores Ancud e Isla Manzano. Bajo cada barra se señala el N de cada rango.

A partir de la base de datos de marcaje y recaptura, las estimaciones de los parámetros de crecimiento (L_{∞} y K) mostraron que los individuos de la isla Manzano tienen una tasa de crecimiento mayor (K anual = 0.148, $p < 0.05$) en comparación al norte de la distribución de estudio, representada por los individuos de Ancud (K anual = 0.0274, $p < 0.05$) (Tabla 13, Figura 35).

En base al método Gulland y Holt, es posible determinar que cuando los individuos de almeja alcanzan la talla mínima legal de captura (i.e. 55 mm), pueden llegar a crecer en promedio 8.17 mm en un año en el sector de isla Manzano, mientras que en Ancud solo alcanzan a crecer en promedio 1.49 mm en un año (Tabla 13). Estos análisis también permitieron estimar los valores de L_{∞} , señalando que en isla Manzano los individuos de almeja alcanzan una longitud asintótica de 79.2 mm, mientras que en Ancud se estima una longitud asintótica de 190.81 mm. Con estos parámetros las almejas de Ancud alcanzarían la talla mínima de captura (55 mm) en ~12 años, mientras que en Isla Manzano esto sucedería en ~8 años (Tabla 14). Sin embargo, se debe destacar que en el caso de Ancud sólo se logró recolectar 2 almejas mayores de 70 mm para el marcaje y sólo se recapturó 1 individuo de talla máxima >70 mm, lo que influenció la estimación de los parámetros.

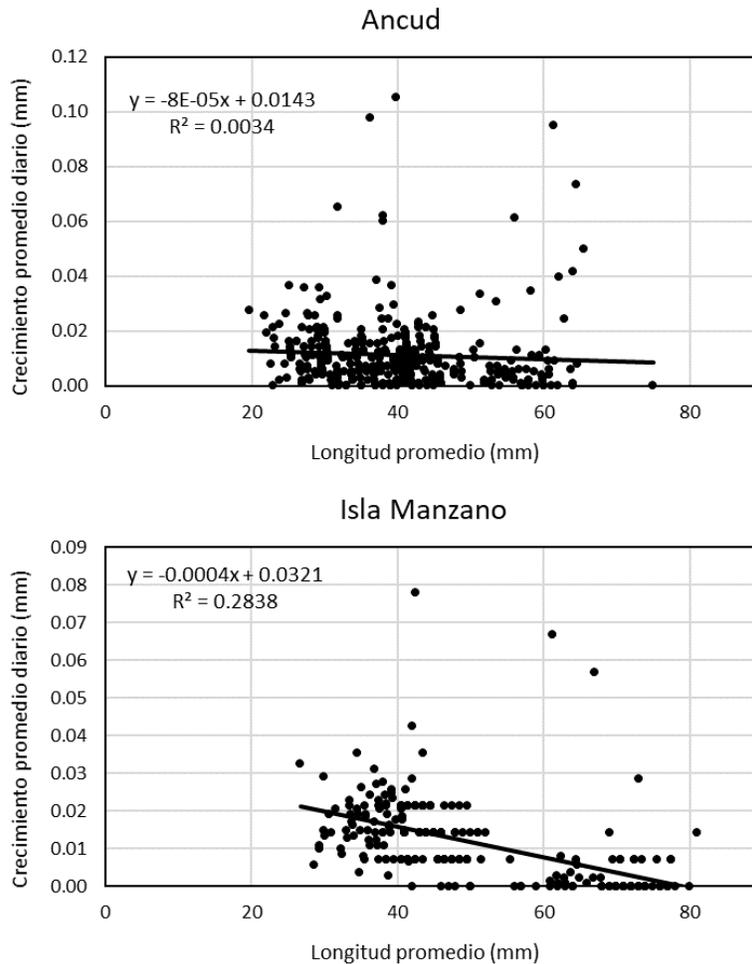


Figura 35. Ajuste de los parámetros de crecimiento con el método Gulland y Holt para las zonas Ancud e isla Manzano. Se señala para cada área la ecuación de regresión y su valor de R^2 .

Tabla 13. Estimación de parámetros de crecimiento L_{∞} y K diario y K anual para las 2 zonas de estudio, sumado al valor de p determinado por la regresión. Se incluye además el crecimiento individual promedio de almeja a los 55 mm.

Zona	K (Anual)	K (Diario)	L_{∞}	p value	Crecimiento individual anual a los 55 mm.
Ancud	0.03	0.0001	190.81	< 0.05	1.50
Isla Manzano	0.15	0.0004	79.19	< 0.05	8.17

Tabla 14. Estimación de longitud individual anual de almeja en los sectores de Ancud e Isla Manzano, utilizando los parámetros de crecimiento estimados. Estimación para edades 1 a 10.

Edad	Ancud Longitud (mm)	Isla Manzano Longitud (mm)
1	5,17	10,89
2	10,19	20,29
3	15,08	28,39
4	19,84	35,38
5	24,47	41,41
6	28,97	46,61
7	33,36	51,09
8	37,62	54,96
9	41,77	58,29
10	45,80	61,17

- **Mortalidad Natural y Talla Crítica**

La mortalidad natural estimada con los diferentes métodos presenta gran variabilidad. Para el sector de Ancud, los métodos M1, M5 y M6, que dependen de la edad máxima, no pudieron ser estimados, ya que al utilizar los parámetros de crecimiento en la ecuación de Von bertalanfy, t_{\max} supera los 60 años, mientras que al utilizar los métodos M3 y M4, que dependen de L_{∞} y K, la mortalidad estimada presenta un valor extremadamente bajo. El método M2 (Jensen (1996) que utiliza L_{mat} registra una edad y talla crítica de 12 años y 53,95 mm (**Tabla 15**).

En la región de Aysén, los métodos M1, M2, M3, M4 y M7 muestran valores de mortalidad natural plausibles, variando entre 0,193 y 0,330, mientras que los métodos M5 y M6 (Appeldoorn (1988) y Then et al (2014) respectivamente) registran valores de 0,01. La edad crítica estimada vario entre 5,15 años y 7,4 años, en tanto que la talla crítica se observó entre 44,9 y 54,7 mm (**Tabla 15**).

Tabla 15. Parámetros de Mortalidad natural (M), parámetro (b) de la relación longitud peso, edad crítica (t*), y talla crítica (L*) de almeja en los sectores de Ancud e Isla Manzano.

Sector	Método	M	b	t*	L*
Ancud	M1	-	2.962	-	-
	M2	0,206	2.962	11,272	52,68
	M3	0,037	2.962	-	-
	M4	0,050	2.962	-	-
	M5	-	2.962	-	-
	M6	-	2.962	-	-
	M7	0,033	2.962	-	-
Isla Manzano	M1	0,222	3.036	6,805	52,331
	M2	0,330	3.036	5,158	44,920
	M3	0,233	3.036	6,591	51,467
	M4	0,269	3.036	5,976	48,825
	M5	0,017	3.036	-	-
	M6	0,015	3.036	-	-
	M7	0,193	3.036	7,431	54,708

(M1) Hoening 1983

(M2) Jensen 1996

(M3) Gislason et. al 2010

(M4) Charnov et. al 2012

(M5) Appeldoorn 1988

(M6) Then et. al 2014

(M7) Brey & Cage 1977

- **Seguimiento reproductivo**

La **Tabla 16** resume el seguimiento biológico reproductivo de *Venus antiqua*, indicando talla y peso promedio de los 358 ejemplares provenientes de la zona de Ancud y 300 ejemplares provenientes de la zona de Quellón, para el periodo comprendido entre los meses de marzo y septiembre del 2019.

Aunque se optó por trabajar con ejemplares entre 55 y 70 mm de longitud, correspondientes a individuos maduros reproductivamente, de acuerdo con la literatura (Jaramillo et al 2003), entre mayo y agosto se recolectó ejemplares con promedio 53-57 mm, provenientes de la pesquería en el sector de Ancud. Por otra parte, para los ejemplares provenientes del sector de Quellón, las tallas y pesos se mantuvieron de forma homogénea (**Figura 36**).

La proporción sexual de los individuos muestreados fue de 46.3% machos y 53.7% de hembras para la zona de Ancud, mientras que en Quellón la proporción obtenida fue de 51.3% machos y 48.7% hembras, entre los meses de marzo y septiembre de 2019. La proporción de hembras muestreadas en Ancud varió entre el 46% y 67% con un promedio de 54%, mientras que en Quellón la proporción obtenida varió entre 38% y 57%, con un promedio de 49%, para el período muestreado.

Tabla 16. Resumen del seguimiento biológico reproductivo de *V. antiqua*.

Zona	Fecha de Muestreo	Número de individuos	Longitud Promedio (mm)	Peso Promedio (g)
Ancud	15-03-2019	60	64,03 ± 3,05	87,43 ± 10,30
	24-04-2019	59	63,31 ± 4,76	89,37 ± 24,66
	16-05-2019	60	57,97 ± 3,02	67,91 ± 12,38
	05-07-2019	60	53,15 ± 2,98	50,82 ± 8,96
	08-08-2019	60	54,52 ± 2,27	59,82 ± 5,68
	06-09-2019	59	62,66 ± 4,75	83,61 ± 18,48
Quellón	27-03-2019	60	62,05 ± 5,29	74,60 ± 27,32
	30-04-2019	60	66,52 ± 7,55	99,78 ± 30,51
	28-05-2019	60	61,95 ± 4,53	80,88 ± 18,66
	02-08-2019	60	62,87 ± 4,09	82,79 ± 17,32
	13-09-2019	60	63,93 ± 3,43	88,48 ± 19,21

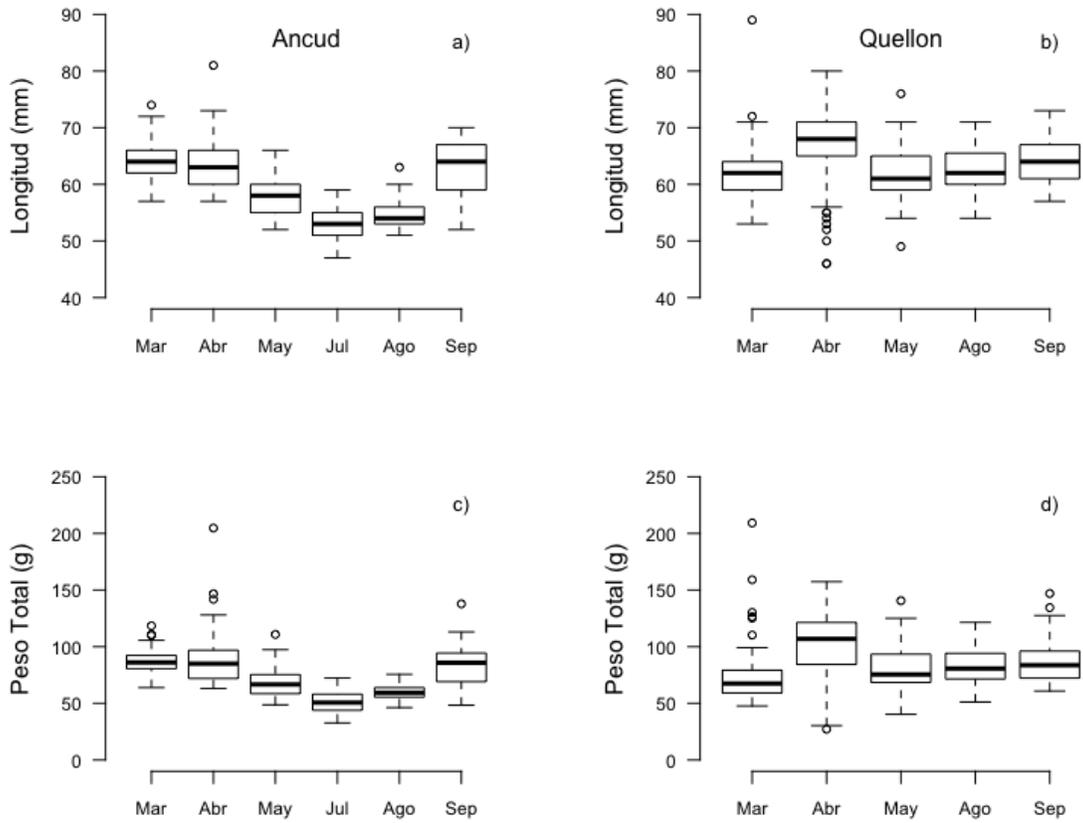


Figura 36. Variación mensual de la Longitud y Peso total de los ejemplares muestreados en los sectores de Ancud (a, b) y Quellón (c, d).

- Índice Gonadosomático

La **Figura 37** muestra el índice gonadosomático para los ejemplares muestreados provenientes de las zonas de Ancud y Quellón, diferenciando machos de hembras de *V. antiqua*. En Ancud el índice muestra diferencias por sexo y entre los meses estudiados, siendo particularmente menor en machos y en los meses de mayo y julio. En Quellón el índice de hembras y machos no muestra mayor variabilidad en los meses estudiados, presentando un índice gonadosomático promedio en torno a 32% (**Figura 37, Tabla 17**).

La proporción de ejemplares hembras maduras en Ancud varió entre el 64 y 97%, en tanto que en machos la proporción de maduros vario entre el 23 y 94%, con una disminución en los meses de mayo y junio para hembras, y entre abril y junio para machos, y siendo máxima en ambos sexos el mes de septiembre con un 96% en hembras y 94% en machos. Por otra parte, en la zona de Quellón la madurez macroscópica de machos y hembras fue particularmente alta, variando entre el 81 y 97% para todo el periodo de estudio (**Figura 38**).

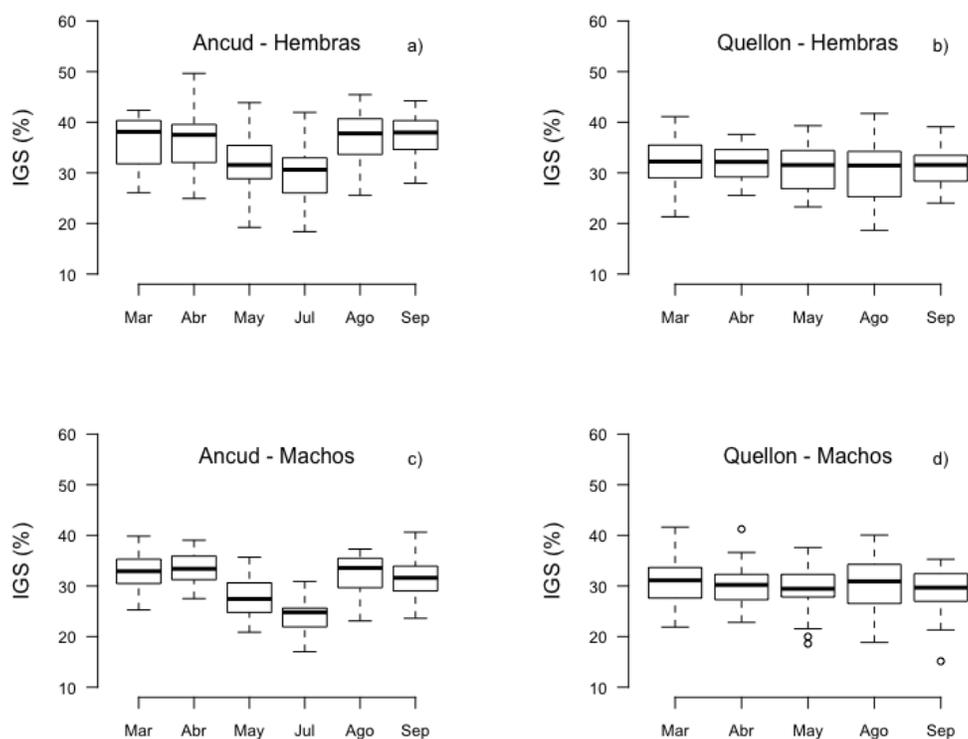


Figura 37. Variación mensual del índice gonadosomático (Media + Desviación estándar) para machos y hembras de *V. antiqua* obtenidos en el Puerto de Ancud.

Tabla 17. ANOVA de un modelo de regresión lineal para la variable respuesta Índice Gonadosomático (%) de almeja versus las variables predictoras meses y sexo, para los sectores Ancud y Quellón.

IGS Ancud					
Variable	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr(>F)
Meses	5	3064,5	612,89	21,043	<2.2e-16
Sexo	1	1801,5	1801,49	61,851	4.71E-14
Residuales	348	10136,0	29,43		
IGS Quellón					
Variable	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr(>F)
Meses	4	112,3	28,079	13,443	0,25355
Sexo	1	134,9	134,871	64,569	0,01157
Residuales	294	6141,1	20,888		

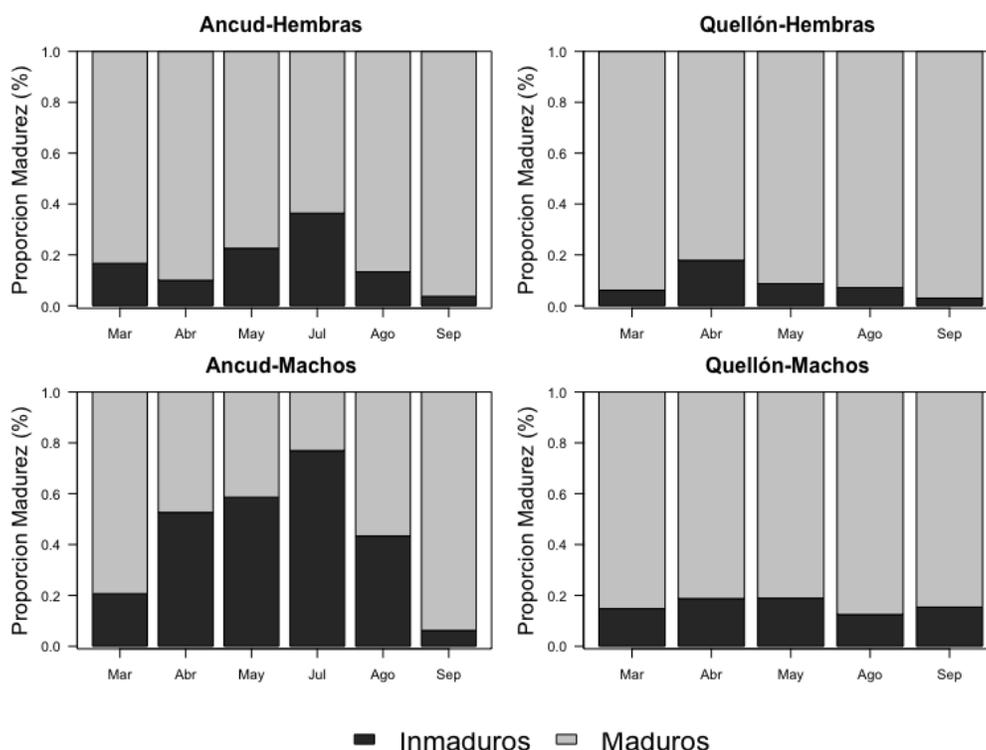


Figura 38. Proporción mensual de madurez macroscópica de ejemplares machos y hembras de *V. antiqua* obtenidos en los puertos Ancud y Quellón.

- **Madurez Gonadal**

Tal como fue señalado en la metodología, una vez identificado el periodo de máxima actividad reproductiva, se procedió a la recolección de 60 individuos de almeja por muestreo, en las zonas de Ancud e Isla Manzano, entre julio y agosto 2019. Para la observación de los estados de madurez gonadal histológica de almeja, los ejemplares fueron agrupados en 12 rangos de talla de 5 mm cada uno desde los 20 mm y hasta 80 mm, no logrando recolectar en el sector de Ancud ejemplares mayores a 70 mm en el mes de julio y mayores a 65 en el mes de agosto de 2019. En isla Manzano en tanto, durante el primer muestreo de agosto no se obtuvieron individuos del rango de 20 -25 mm, mientras que, en el segundo muestreo no se pudo recolectar ejemplares de tallas mayores que 65 mm (**Tabla 18**).

Tabla 18. Ejemplares de almeja analizados por rango de talla mensualmente en los sectores de Ancud en la región de Los Lagos e Isla Manzano en la región de Aysén.

Rango	Ancud			Isla Manzano		
	29-jul	08-ago	Total	12-ago	30-ago	Total
20,0 - 25,0	6	7	13	-	6	6
25,1 - 30,0	6	7	13	4	9	13
30,1 - 35,0	6	7	13	9	8	17
35,1 - 40,0	6	7	13	7	10	17
40,1 - 45,0	6	7	13	4	6	10
45,1 - 50,0	6	7	13	8	8	16
50,1 - 55,0	6	6	12	5	6	11
55,1 - 60,0	6	6	12	6	6	12
60,1 - 65,0	6	6	12	8	1	9
65,1 - 70,0	6	-	6	6	-	6
70,1 - 75,0	-	-	-	2	-	2
75,1 - 80,0	-	-	-	1	-	1

Los estados de madurez presentan variabilidad en los sectores y meses analizados. En Ancud entre los muestreos de julio y agosto se observa un aumento de la proporción de ejemplares En Maduración y una disminución en los individuos en estado Maduros y Desovados. En el sector de isla Manzano, durante el primer muestreo del mes de agosto se observa un bajo porcentaje de ejemplares inmaduros (estado Inmaduros y En maduración), con una proporción del 73% de ejemplares en estado maduros y desovados, para durante el segundo muestreo de agosto, se observa un aumento de los ejemplares inmaduros (estados Inmaduros y En Maduración) y una disminución de los estados maduros y desovados (**Figura 39**).

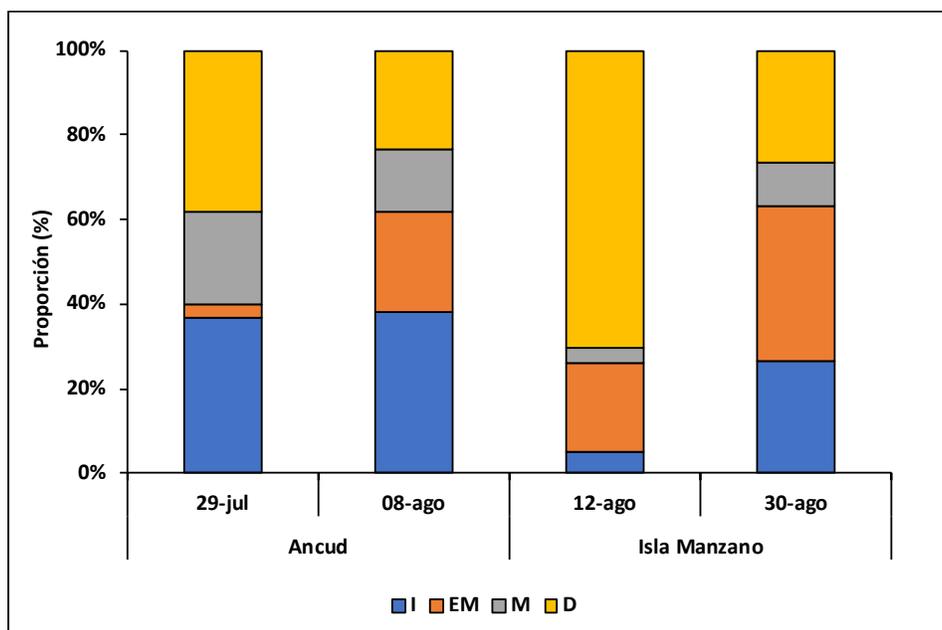


Figura 39. Proporción de los estados madurez reproductiva de almeja mensualmente en los sectores de Ancud en la región de Los Lagos e Isla Manzano en la región de Aysén. I: Inmaduro, EM: En Maduración, M: Maduro, D: Desovado.

- **Talla de primera madurez sexual**

Un ajuste de la función logística para la estimación de la talla de primera madurez ($L_{50\%}$) fue realizado para los sectores de Ancud e isla Manzano, entregando un buen ajuste para ambas localidades. La talla de primera madurez estimada para Ancud fue de 43,2 mm, mientras que en isla Manzano el $L_{50\%}$ estimado presenta un valor de 41,76 mm (**Tabla 19**, y **Figura 40**).

Tabla 19. Parámetros estimados del modelo logístico utilizado para describir la madurez a la talla de almeja. Sexo indeterminado (I), hembras (H) y machos (M). B0 y B1 parámetros del modelo.

Sector	Sexo			B0	B1	L _{50%}	Error Est. L _{50%}	AIC	pseudo R ²
	I	H	M						
Ancud	39	43	38	-14,29	0,33	43,24	0,088	21,92	0,820
Manzano	19	50	48	-13,69	0,33	41,77	0,087	27,63	0,802

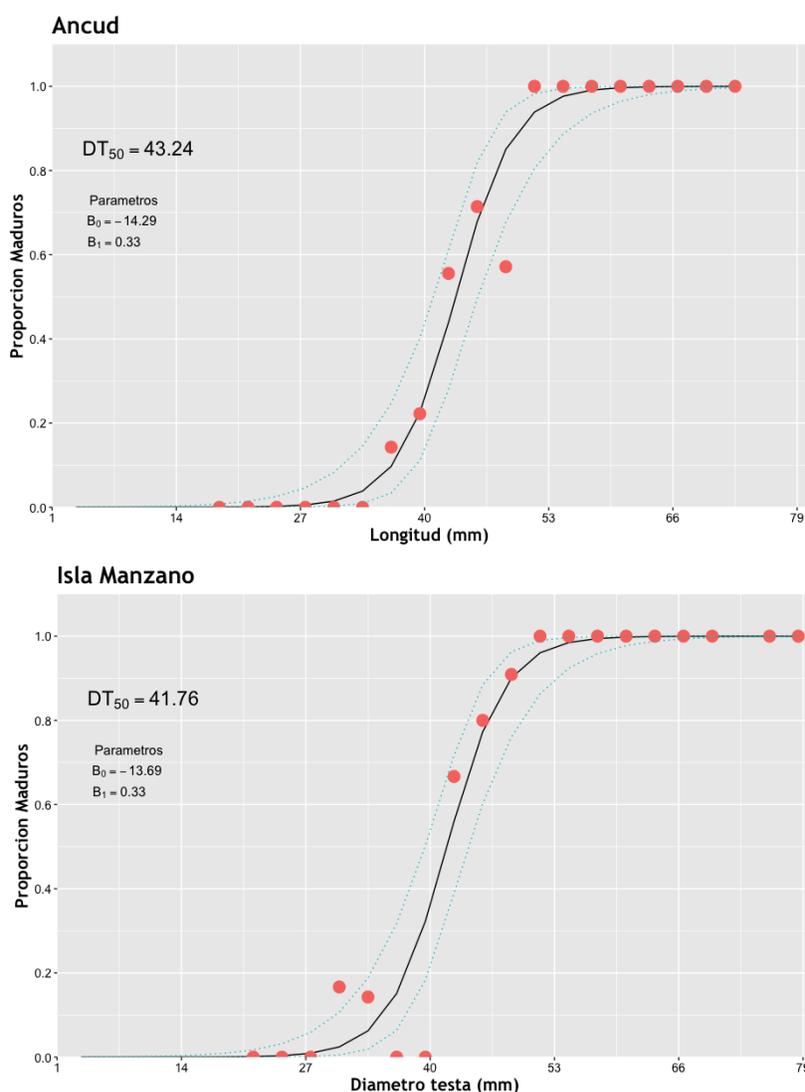


Figura 40. Ojiva de madurez de almeja para ambos sexos en los sectores Ancud e isla Manzano. Proporción de individuos maduros a la talla estimados por el modelo en línea continua y proporciones observadas en círculos. Línea punteada indica intervalo de confianza.

9.2 Objetivo específico 2: Evaluar la aplicación de métodos de evaluación de stock indirecta para analizar esta pesquería.

• **Generación y análisis de índices de abundancia CPUE**

Como fue señalado en la descripción metodológica, para la obtención de índices relativos de abundancia, la estandarización, a través de GLM y por GLMM fue realizada por cada zona de evaluación de stock, es decir, Zona Ancud y Zona Sur Chiloé, y se utilizó un modelo linealizado con factores año (2000-2018), trimestre y 4 estratos de profundidad.

En la **Tabla 20** se presentan los principales estadísticos resultantes de los modelos para cada zona de evaluación, y los modelos seleccionados en base a AIC, en la que se observa que, para todas las zonas, el efecto aleatorio del año y profundidad es el factor más relevante que más explica la variación en los rendimientos de pesca, y por debajo de éste, se encuentran el factor año y trimestre, mientras que la zona y la profundidad tienen menores niveles de significancia.

Tabla 20. Descripción de modelos teóricos, funciones y criterios de decisión para cada modelo de estandarización de la CPUE probado en cada área de evaluación para la pesquería de almeja. En gris los modelos seleccionados para la estandarización.

Zona de Evaluación	Modelo Teórico	Variable response	Error and link function	Model	AIC
Zona Ancud X Norte	GLM	log(CPUE)	Gaussian	(logCPUE ~ Year+Trimestre+Profundidad)	46348.98
	GLM	log(CPUE)	Gaussian	(logCPUE ~ Year+Trimestre+Profundidad+Trimestre:Profundidad)	46306.98
	GLM	log(CPUE)	Gaussian	(logCPUE ~ Year+Trimestre+Profundidad+year:Trimestre)	45531.88
	GLM	log(CPUE)	Gaussian	(logCPUE ~ Year+Trimestre+Profundidad+year:Profundidad)	46108.24
	GLMM	log(CPUE)	Normal	(logCPUE ~ Year + Trimestre + Prof. + (1 Year:Trim) + (1 Year:Prof))	45529.46
	GLMM	log(CPUE)	Normal	(logCPUE ~ Year + Trimestre + Prof. + (1 Year:Trim),	45684.60
	GLMM	log(CPUE)	Normal	(logCPUE ~ Year + Trimestre + Prof. + (1 Year) + (1 Prof)	46352.98
	GLMM	log(CPUE)	Normal	(logCPUE ~ Year + Trimestre + Prof. + 1 Year)	46350.98
Zona Sur Chiloé X Sur	GLM	log(CPUE)	Gaussian	(logCPUE ~ Year+Trimestre+Profundidad)	104335.57
	GLM	log(CPUE)	Gaussian	(logCPUE ~ Year+Trimestre+Profundidad+Trimestre:Profundidad)	104121.33
	GLM	log(CPUE)	Gaussian	(logCPUE ~ Year+Trimestre+Profundidad+year:Trimestre)	103014.90
	GLM	log(CPUE)	Gaussian	(logCPUE ~ Year+Trimestre+Profundidad+year:Profundidad)	103811.54
	GLMM	log(CPUE)	Normal	(logCPUE ~ Year + Trimestre + Prof. + (1 Year:Trim) + (1 Year:Prof))	104337.59
	GLMM	log(CPUE)	Normal	(logCPUE ~ Year + Trimestre + Prof. + (1 Year:Trim),	103199.66
	GLMM	log(CPUE)	Normal	(logCPUE ~ Year + Trimestre + Prof. + (1 Year) + (1 Prof)	104339.56
	GLMM	log(CPUE)	Normal	(logCPUE ~ Year + Trimestre + Prof. + 1 Year)	102821.95

La estandarización de los rendimientos de pesca para cada factor (Polígono, Profundidad, Procedencia) para la pesquería de almeja de Ancud se presenta en el diagrama de los factores del modelo seleccionado (**Figura 41**), en el que cada nivel representa la diferencia con la media general del modelo (a excepción del factor año). Los mayores rendimientos para almeja de Ancud se obtienen en el cuarto trimestre de cada año. De acuerdo con el diagrama de los rendimientos estandarizados para cada factor, los rendimientos más altos de almeja en la zona sur de la Región de Los Lagos se generan en el cuarto trimestre de cada año (**Figura 28**).

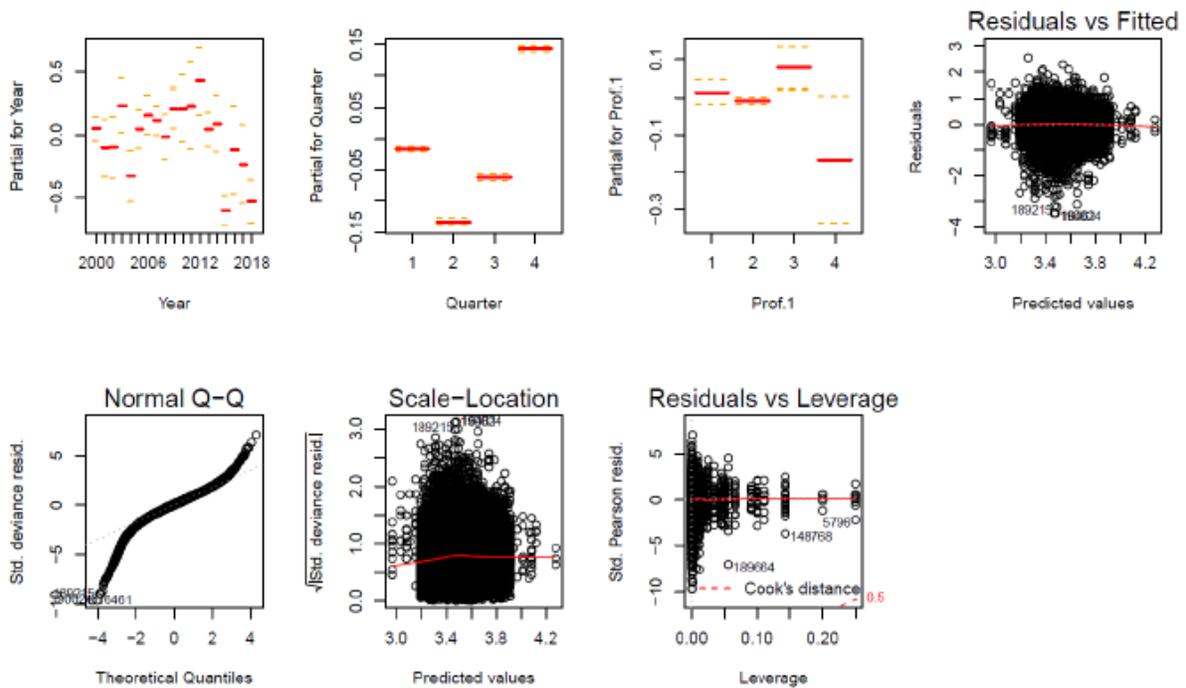


Figura 41. Diagrama de los factores del modelo base ajustado a los rendimientos de pesca (log) de almeja en zona de Bahía de Ancud. Se presenta los diagramas de los distintos factores considerados y la comprobación de los supuestos.

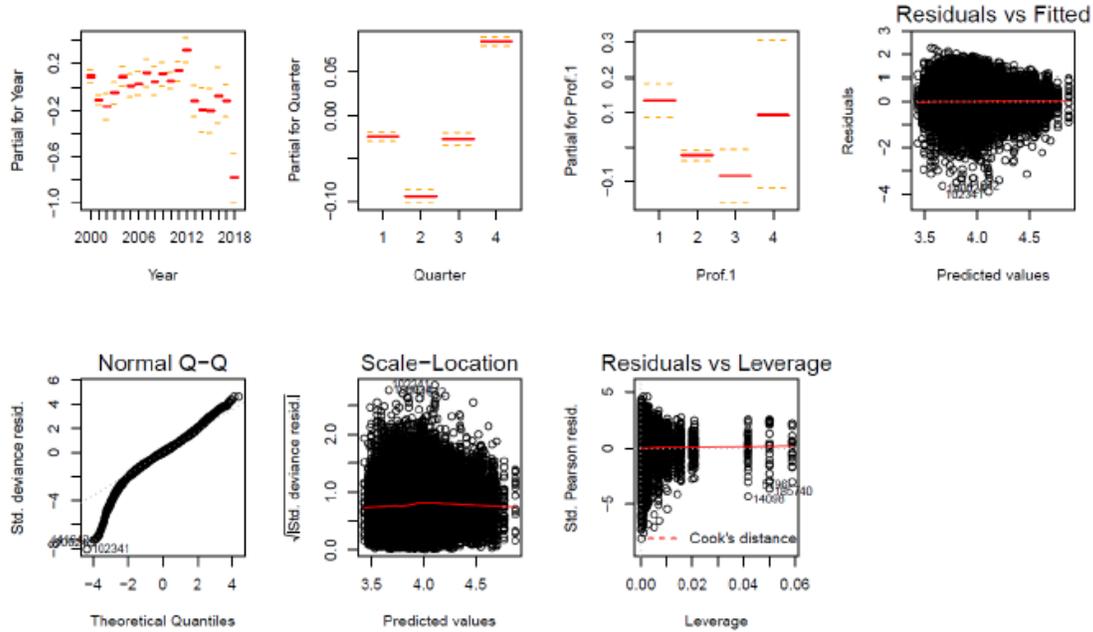


Figura 42. Diagrama de los factores del modelo base ajustado a los rendimientos de pesca (log) de almeja en la zona sur de la Región de los Lagos. Se presenta los diagramas de los distintos factores considerados y la comprobación de los supuestos.

Este indicador presenta para Ancud una extensión de rendimientos constantes a través de los últimos años de actividad pesquera. Se destacan la señal del año 2013, con valores muy elevados respecto del resto de la serie (**Figura 43**), lo que podría indicar una sobreestimación del rendimiento real. Lo anterior sugiere revisar la inclusión o ponderación (peso) de estos datos en el modelo de evaluación.

El modelo para la zona de Ancud, mostró rendimientos en torno a los 40 kg. hora de buceo por buzo en promedio a través de toda la serie analizada, en los últimos 5 años, esta señal ha mostrado un decaimiento respecto a este promedio (**Figura 43**). En efectos anuales de los rendimientos de almeja en la zona sur de Chiloé, destacan la señal de los años 2011 y 2016, mostrando los valores mínimos y máximos respectivamente en función del promedio de la serie analizada que fue de 53,6 kg. hora de buceo por buzo (**Figura 44**). Si bien los rendimientos promedios de la zona sur de la isla de Chiloé son mayores que los de la Bahía de Ancud, las tendencias de este índice para ambas zonas analizadas muestran un decaimiento de las señales en los últimos años de operación de la pesquería.

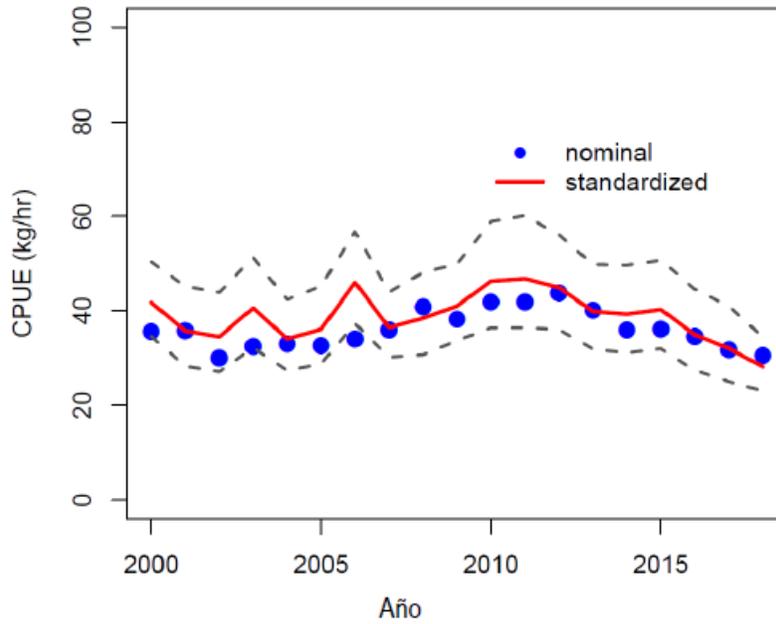


Figura 43. Serie de rendimientos nominales y estandarizados para el índice de abundancia de la pesquería de almeja para la zona de la Bahía de Ancud durante los años 2000 y 2016.

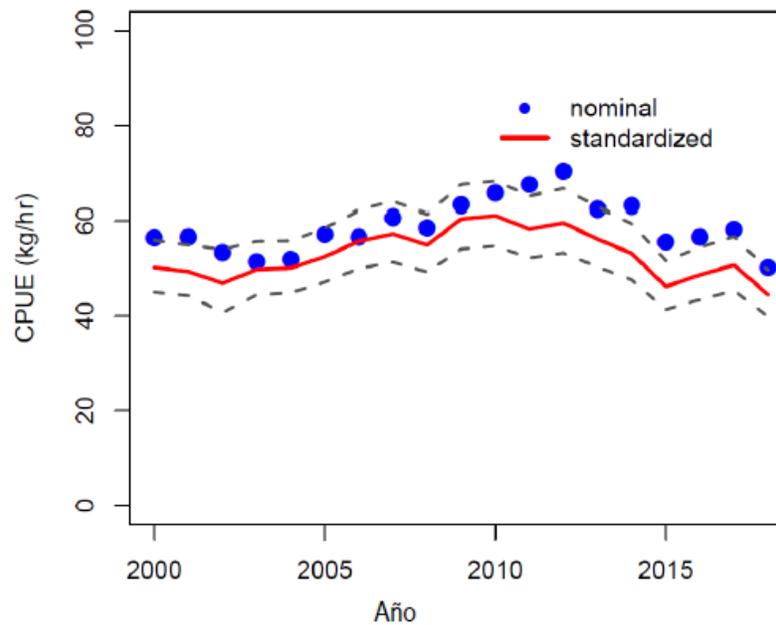


Figura 44. Serie de rendimientos nominales y estandarizados para el índice de abundancia de la pesquería de almeja para la zona sur de la Isla de Chiloé durante los años 2000 y 2016.

Finalmente se presentan los estimados de los valores de las CPUE estandarizadas y utilizadas en los modelos base y alternativos por macro-zona de evaluación (**Tabla 21**).

Tabla 21. Resumen de los valores estandarizados de CPUE para cada unidad de evaluación.

Año	Ancud		X Sur	
	Nominal CPUE	Estandar CPUE	Nominal CPUE	Estandar CPUE
2000	35,7	26,6	56,6	50,3
2001	36,1	24,3	56,8	49,4
2002	30,4	24,6	53,4	47,0
2003	32,6	22,5	51,5	49,8
2004	33,2	22,1	52,0	50,1
2005	32,8	20,7	57,2	52,6
2006	34,2	21,5	56,8	55,8
2007	36,1	22,6	60,8	57,4
2008	41,0	25,7	58,6	55,0
2009	38,3	28,0	63,3	60,5
2010	42,0	28,5	65,8	61,2
2011	41,9	31,2	67,5	58,3
2012	43,8	33,5	70,4	59,6
2013	40,2	31,0	62,6	56,3
2014	36,0	27,8	63,1	53,2
2015	36,3	26,4	55,7	46,2
2016	34,7	26,8	56,8	48,7

- **Generación y análisis de índices de abundancia CatDyn**

a) Almeja en la Bahía de Ancud

Del total de modelos de depleción generalizados del CatDyn que fueron seleccionados como los mejores para cada año de acuerdo a los criterios establecidos en la metodología y sus graficas de diagnóstico de residuales, se muestra a modo de ejemplo la **Figura 45**. Hay unos pocos años (2000, 2001, 2006 y 2017) en que la captura ocurre de manera relativamente regular durante la temporada mientras que en la mayor parte de los años la captura se concentra en unas pocas semanas al principio, a la mitad o al final de la temporada. Es aparente que en muchas temporadas la flota deja descansar al stock por largos periodos antes de cosechar.

Fleet = Buzos, Perturbations = 2, Distribution = Apnormal, Numerical algorithm = CG

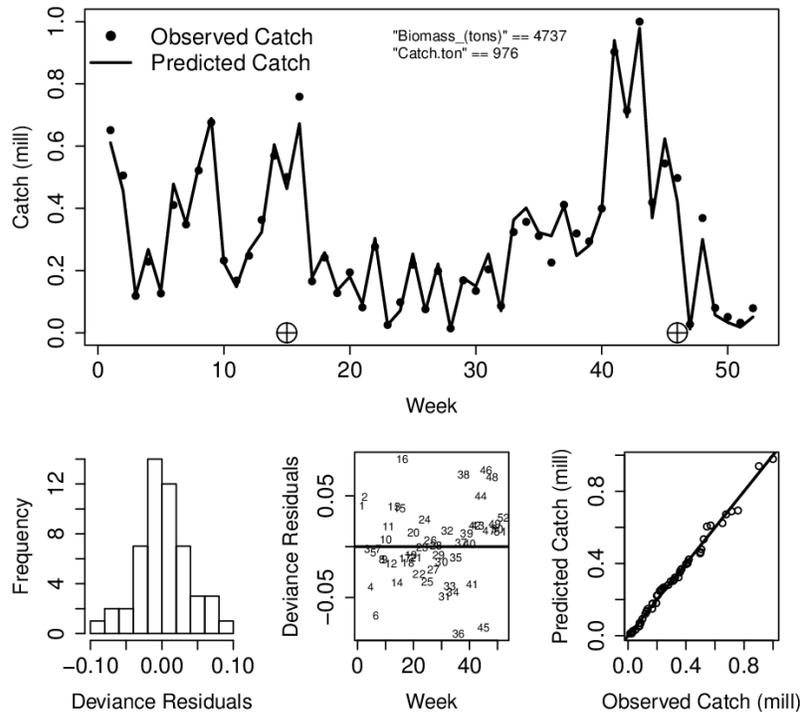


Figura 45. Ajuste del modelo elegido a los datos de almeja de la Bahía de Ancud temporada 2011. Panel superior: datos semanales (puntos), predicción del modelo (línea), biomasa de escape (última semana), y captura total de la temporada.

La **Tabla 22** muestra los modelos CatDyn seleccionados y los estimados de sus parámetros. La mortalidad natural anual varía entre 0,038 y 0,415, con un promedio inter-anual de 0,123. Los estimados más bajos son muy imprecisos mientras que los más altos son más precisos. Entre los estimados más precisos la mortalidad natural anual varía entre 0,057 y 0,415, con un promedio inter-anual de 0,194.

Respecto de las estimaciones de los parámetros de la operatividad pesquera (k , α , β), todos son estimados con gran precisión excepto el escalamiento en la temporada 2014. Se observa que la tasa de captura es proporcional al esfuerzo mientras que respecto de la abundancia puede ser proporcional o puede ser hiper-estable, dependiendo de la temporada.

Tabla 22. Modelos de depleción generalizados seleccionados entre 72 o más para cada año de datos de la pesca de almeja de la Bahía de Ancud y sus estimados para los parámetros. SE = error estándar.

Temporada	Modelo	Verosimilitud	Optimizador	M (1/semana)	SE(M) (1/semana)	N0 (10 ⁶)	SE(N0) (10 ⁶)	P1 (10 ⁶)	SE(P1) (10 ⁶)	Timing P1
2000	2P	apnormal	CG	0.00160	0.00238	34.09	6.33	18.59	4.28	16
2001	2P	apnormal	CG	0.00349	0.00471	142.07	21.29	56.44	13.87	25
2002	2P	apnormal	CG	0.00222	0.00281	59.58	21.29	17.52	2.97	11
2003	1P	apnormal	CG	0.00107	0.00042	39.92	21.29	24.51	10.99	19
2004	1P	apnormal	BFGS	0.00289	0.00145	251.26	6.88	65.04	14.59	43
2005	2P	apnormal	CG	0.00124	0.00153	194.32	112.58	26.11	14.62	19
2006	2P	apnormal	CG	0.00111	0.00233	187.70	5.52	57.34	16.03	18
2007	2P	apnormal	CG	0.00243	0.00393	90.05	52.17	30.68	3.47	16
2008	1P	aplnormal	Nelder-Mead	0.00782	0.00355	44.96	26.05	17.54	2.33	36
2009	2P	apnormal	CG	0.00283	0.00413	50.61	4.96	11.64	3.53	37
2010	2P	normal	CG	0.00109	0.00225	24.50	14.20	44.97	33.78	7
2011	2P	apnormal	CG	0.00160	0.00152	84.86	0.58	10.91	4.66	15
2012	1P	apnormal	CG	0.00224	0.00421	24.20	1.83	5.10	4.91	39
2013	1P	apnormal	CG	0.00368	0.00112	24.52	0.06	6.50	0.74	38
2014	1P	normal	CG	0.00073	0.00096	31.66	135.13	14.07	6.31	39
2015	1P	apnormal	CG	0.00191	0.00198	108.58	9.04	12.73	4.95	37
2016	2P	apnormal	CG	0.00102	0.00368	27.79	63.53	46.27	84.54	7
2017	1P	apnormal	CG	0.00284	0.00212	47.04	0.33	29.86	13.39	39

Continuación de tabla anterior **Tabla 23.**

Temporada	Modelo	P2 (10 ⁶)	SE(P2) (10 ⁶)	Timing P2	k (10 ⁻⁶) (1/hora)	SE(k) (10 ⁻⁶) (1/hora)	α	SE(α)	β	SE(β)
2000	2P	13.04	3.64	42	3.13	1.91	1.2074	0.0519	0.9975	0.0529
2001	2P	56.52	17.40	43	8.20	5.01	0.9995	0.0322	0.8507	0.0747
2002	2P	4.81	3.88	27	5.58	3.40	0.9746	0.0299	1.1657	0.0618
2003	1P				7.42	4.53	1.0176	0.0314	1.0694	0.0431
2004	1P				0.39	0.01	1.3638	0.0042	0.7483	0.0246
2005	2P	48.26	16.97	46	10.82	0.10	0.9565	0.0293	0.7685	0.0407
2006	2P	57.75	14.30	39	7.57	0.10	1.0240	0.0314	0.7343	0.0389
2007	2P	38.67	11.03	47	6.11	3.73	0.9445	0.0594	1.0605	0.0921
2008	1P				18.00	10.99	1.0008	0.0208	0.9579	0.0376
2009	2P	7.29	3.71	44	5.82	0.07	1.1707	0.0476	0.9222	0.0518
2010	2P	51.25	55.62	31	51.00	31.14	1.2372	0.0462	0.2319	0.0123
2011	2P	9.78	4.65	46	3.62	0.05	1.1505	0.0353	0.9757	0.0517
2012	1P				87.66	0.73	1.1673	0.0051	0.4054	0.0083
2013	1P				3.88	0.05	1.0062	0.0090	1.5646	0.0830
2014	1P				59.35	353.53	1.0161	0.0312	0.5820	0.0309
2015	1P				3.05	0.14	0.9976	0.0572	1.0930	0.0663
2016	2P	25.86	12.49	26	263.16	160.67	0.9892	0.0303	0.1256	0.0067
2017	1P				3.96	0.04	1.1120	0.0295	1.0003	0.0530

b) Almeja al sur de Chiloé

Del total de modelos de depleción generalizados seleccionados para el área de Quellón, se muestra a modo de ejemplo la **Figura 46**. En Quellón prácticamente no hubo pesca en 2012 debido a la presencia de marea roja así que no hemos obtenido resultados de evaluación de stock para ese año. Sin embargo, para el ajuste del modelo de producción excedente de la tercera etapa de la metodología, la biomasa inicial de

ese año y su error estándar fueron fijados mediante una función spline (loess) en R 3.6.0 usando todas estimaciones de los años 2000 a 2001 y 2003 a 2017.

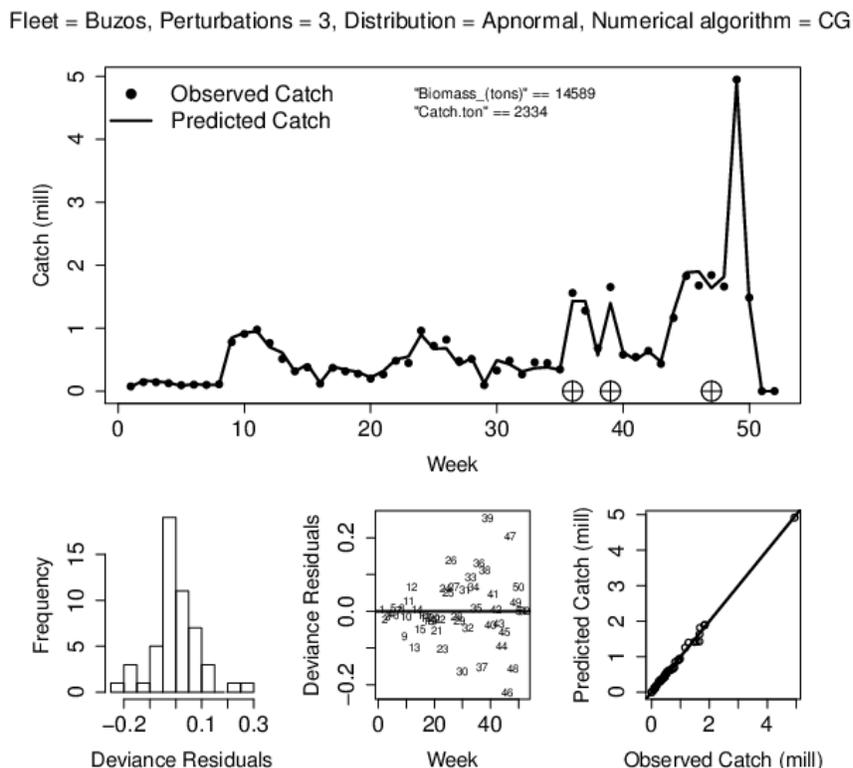


Figura 46. Ajuste del modelo elegido a los datos de almeja de Quellón temporada 2006. Panel superior: datos semanales (puntos), predicción del modelo (línea), biomasa de escape (última semana), y captura total de la temporada.

En la mitad de los años (2000, 2001, 2005, 2008, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2017) la captura ocurre de manera relativamente regular durante la temporada mientras que en la otra mitad la captura se concentra en unas pocas semanas al principio y/o al final de la temporada. Es aparente que como en el caso de Ancud, en muchas temporadas la flota deja descansar al stock por largos periodos antes de cosechar.

La **Tabla 24** muestra los modelos CatDyn seleccionados y los estimados de sus parámetros. La mortalidad natural anual varía entre 0,025 y 1,375, con un promedio inter-anual de 0,295, que considerando la incertidumbre estadística son estimados similares a los que se estimaron en Ancud. Los

estimados más bajos son muy imprecisos mientras que los más altos son muy precisos. Entre los estimados más precisos la mortalidad natural anual varía entre 0,239 y 1,606, con un promedio inter-anual de 0,807. Esto resulta en que cuando la comparación se restringe a los estimados bien precisos, la mortalidad natural experimentada por el stock es mucho más alta en Quellón que en Ancud.

Tabla 24. Modelos de depleción generalizados seleccionados entre 72 o más para cada año de datos de la pesca de almeja de Quellón y sus estimados para los parámetros. SE = error estándar.

Temporada	Modelo	Verosimilitud	Optimizador	M (1/semana)	SE(M) (1/semana)	N0 (10 ⁶)	SE(N0) (10 ⁶)	P1 (10 ⁶)	SE(P1) (10 ⁶)	Timing P1
2000	3P	normal	CG	0.00169	0.00453	262.66	228.20	107.48	111.77	22
2001	3P	apnormal	Nelder-Mead	0.00406	0.00202	322.60	78.68	8.66	19.12	13
2002										
2003	3P	apnormal	CG	0.00512	0.00659	498.51	121.58	89.45	23.99	33
2004	3P	apnormal	CG	0.00854	0.00281	302.45	5.09	24.93	18.82	39
2005	3P	apnormal	CG	0.00070	0.00192	268.36	30.40	33.36	25.04	13
2006	3P	apnormal	CG	0.00493	0.00120	242.74	1.25	26.93	12.38	36
2007	3P	apnormal	CG	0.02595	0.00443	304.62	27.99	9.48	40.59	37
2008	1P	normal	CG	0.00402	0.01129	219.49	329.82	90.19	77.51	11
2009	2P	apnormal	CG	0.00356	0.00308	170.33	17.90	120.39	43.98	19
2010	2P	apnormal	CG	0.00450	0.00739	195.45	27.66	155.30	51.41	13
2011	3P	apnormal	CG	0.00190	0.00363	233.26	20.03	88.62	26.31	27
2012	4P	apnormal	CG	0.00396	0.00872	191.09	16.44	49.60	44.73	12
2013	2P	apnormal	CG	0.01730	0.00266	111.54	27.20	37.13	34.53	24
2014	4P	apnormal	CG	0.00304	0.00248	51.79	1.16	15.10	6.31	15
2015	3P	apnormal	CG	0.00303	0.00101	48.39	4.35	19.95	5.44	13
2016	4P	apnormal	CG	0.00047	0.00084	38.67	9.43	17.56	2.41	9
2017	3P	apnormal	CG	0.00182	0.00248	60.58	2.47	42.91	3.59	15

Continuación de tabla anterior **Tabla 25**

Temporada	Modelo	P2 (10 ⁶)	SE(P2) (10 ⁶)	Timing P2	P3 (10 ⁶)	SE(P3) (10 ⁶)	Timing P3	P4 (10 ⁶)	SE(P4) (10 ⁶)	Timing P4
2000	3P	98.82	312.90	39	119.83	330.63	40			
2001	3P	109.69	2.31	29	75.69	15.36	44			
2002										
2003	3P	10.80	19.14	35	9.24	16.16	36			
2004	3P	2.82	5.54	43	3.35	6.13	46			
2005	3P	34.53	22.59	26	7.96	15.96	44			
2006	3P	19.04	13.08	39	9.36	6.96	47			
2007	3P	41.73	11.61	49	25.01	11.56	51			
2008	1P									
2009	2P	85.08	38.00	28						
2010	2P	67.28	37.35	33						
2011	3P	4.06	15.35	32	63.30	23.68	37			
2012	4P	30.68	45.35	25	3.17	8.85	27	4.52	17.28	45
2013	2P	10.90	8.37	45						
2014	4P	5.88	3.37	34	2.25	3.35	42	3.20	2.97	46
2015	3P	20.76	3.49	42	12.65	4.68	45			
2016	4P	14.72	2.09	36	5.89	2.70	42	11.77	2.40	44
2017	3P	0.98	2.69	22	10.42	9.79	25			

Continuación de tabla anterior **Tabla 26**

Temporada	Modelo	k (10 ⁻⁷) (1/hora)	SE(k)(10 ⁻⁷) (1/hora)	α	SE(α)	β	SE(β)	Biomasa escape (tons)	Captura (tons)
2000	3P	73.511	315.280	1.0517	0.0418	0.7777	0.7462	29678	6065
2001	3P	72.918	0.406	0.9381	0.0105	0.9639	0.2568	20472	8151
2002									
2003	3P	104.844	1.231	1.1139	0.0128	0.6644	0.0032	26524	308
2004	3P	101.302	1.406	0.8959	0.0309	1.0121	0.0624	15597	3413
2005	3P	145.26	5.526	0.8675	0.0439	0.8904	0.0549	27717	1004
2006	3P	88.739	0.981	0.9983	0.0225	0.8944	0.0214	14589	2334
2007	3P	69.73	1.012	1.1573	0.0461	0.8033	0.0659	7059	4004
2008	1P	85.827	658.870	1.0785	0.0531	0.7693	1.2469	13315	8438
2009	2P	1068.9	10.810	0.9261	0.0338	0.5069	0.0162	14673	9476
2010	2P	841.84	10.978	0.9453	0.0055	0.5274	0.0351	17007	14810
2011	3P	6.14571	0.148	1.2593	0.0251	0.9905	0.2461	15153	13554
2012	4P	1011.25	1021.660	0.9319	0.0281	0.5766	0.0420	12918	4413
2013	2P	580.173	627.526	0.9080	0.0562	0.7962	0.0663	4709	1704
2014	4P	75.896	1.212	0.9148	0.0367	1.4106	0.0674	2466	2756
2015	3P	85.331	86.209	1.1325	0.0798	0.9437	0.1042	3414	4606
2016	4P	133.55	144.450	0.8967	0.0339	1.3002	0.3305	2433	4864
2017	3P	47.442	47.930	1.1293	0.0614	1.0113	0.0768	3242	5949

Respecto de las estimaciones de los parámetros de la operatividad pesquera (k , α , β), α y β son estimados con gran precisión en todos los años mientras que el escalamiento es estimado pobremente en las temporadas 2000, 2008, 2012, 2013, 2015, 2016 y 2017. Se observa que la tasa de captura es proporcional al esfuerzo mientras que respecto de la abundancia puede ser proporcional o puede ser hiper-estable, dependiendo de la temporada, tal como ocurre en la pesquería de Ancud.

En general existe una mayor dinámica espacial en Quellón comparado con Ancud, especialmente en los últimos años, lo que se aprecia por la frecuente presencia de modelos 3P y 4P.

- **Modelos de Evaluación de stock**

Independientemente de las características de la información y considerando el mismo conjunto de datos, se probó el desempeño de cuatro tipos de modelos integrados de análisis de poblaciones y un modelo edad-estructurado bajo condiciones de equilibrio para pesquerías pobres en datos. Los modelos en cuestión fueron identificados como:

- i. modelo de dinámica poblacional en edades MESTOCK/MODBENTO/STOCK SINTESIS
- ii. modelo de dinámica poblacional en tallas MODTALLAS
- iii. modelo agregado en biomasa dinámica PELLA-TOMLINSON
- iv. modelo de conectividad y dinámica poblacional en tallas MODMETAPOP
- v. modelo de dinámica poblacional en edades bajo condiciones de equilibrio y observaciones en tallas LBSPR

Los modelos i, ii y iii fueron aplicados de manera independiente tanto en la Bahía de Ancud como en la zona X sur-Quellón. El modelo iv fue implementado para evaluar escenarios de conectividad entre la X norte y X sur-Quellón, en tanto el modelo v fue aplicado como metodología para pesquería pobres en datos como es la XI Región.

De acuerdo a la información recabada, las zonas de Ancud y sur de Chiloé tienen disponibilidad de datos del monitoreo de la pesquería desde el año 2000 en términos de bitácoras de pesca, muestreos biológicos para la relación longitud peso y registros de frecuencias de talla para la almeja. También se cuenta con una serie de registros de desembarques oficiales (Sernapesca, 2017) desde los años 1965 y 1967 para la zona de Ancud y sur de Chiloé respectivamente. En la Región de Aysén el monitoreo ha sido complejo de abordar y, por consiguiente, esporádico, por lo cual solo se pudieron reconstruir algunos años de muestreos biológicos y estructuras de tallas, dado que las bitácoras de pesca tenían muchas falencias respecto al origen y cantidades de los registros. Estos resultados están graficados en las **Figura 47** y **Figura 48** para las zonas de Ancud y sur de Chiloé.

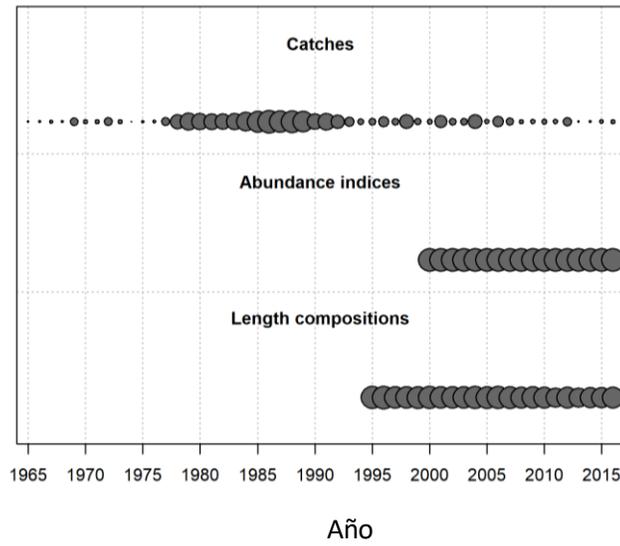


Figura 47. Disponibilidad de datos para la zona de la Bahía de Ancud.

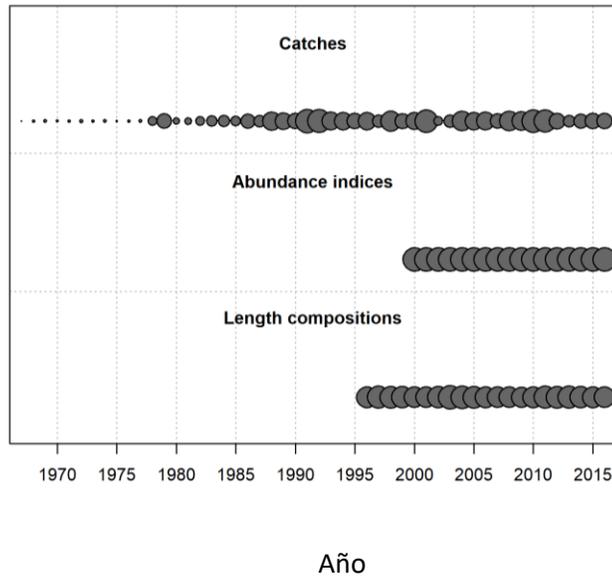


Figura 48. Disponibilidad de datos para la zona del sur de la Isla de Chiloé.

Para la población de almejas de la zona de Ancud, la serie de desembarque comienza el año 1965, en donde se asume que la pesquería era incipiente y agrupaba las otras almejas (**Figura 53**), y se asume que previo a la identificación oficial en el año 1977, el aporte de *V. antiqua* era mayoritario. Para la población de almejas de la zona de X sur-Quellón, la serie de desembarque se logró reconstruir desde el año 1967, en donde se asume que la pesquería era incipiente (**Figura 54**).

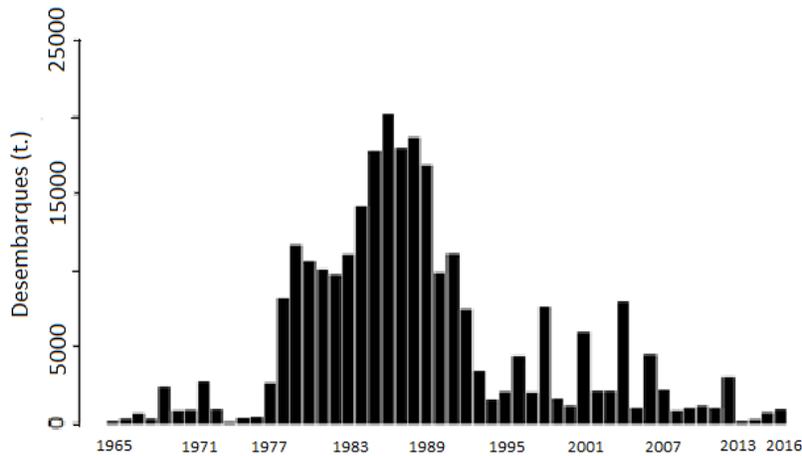


Figura 53. Serie anual de desembarques para almeja de Ancud entre año 1965 y 2016. La línea segmentada indica el año en el cual se separa la estadística oficial para *V. antiqua*. (Fuente: Anuario estadístico de pesca, Sernapesca).

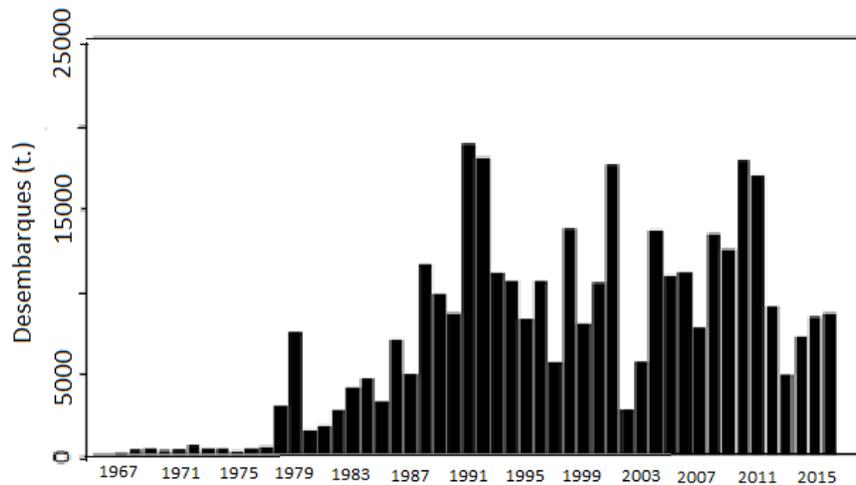


Figura 54. Serie anual de desembarques para almeja del sur de Chiloé entre año 1967 y 2016. (Fuente: Anuario estadístico de pesca, Sernapesca).

2.1. Ajuste de modelos de evaluación integrados

Los modelos edad y talla estructurados MODBENTO/MESTOCK corresponden a modelos que han sido formulados e implementados en IFOP para la evaluación de recursos bentónicos como es la almeja y el erizo (Canales *et al* 2013; Mardones *et al*, 2019) y se basan en lo desarrollado por Fournier *et al* (1990) y lo extendido por Punt *et al* (2013). MODTALLA es un modelo con dinámica en tallas basado en crecimiento estocástico en base a una matriz de transición, usualmente empleada para modelar dinámica de poblaciones de crustáceos (Sullivan *et al*, 1990; Canales *et al*, 2016b) y recientemente aplicado a recursos bentónicos como huego y almejas (Molinet *et al*, 2018). Por su parte, STOCK SINTESIS (SS3) corresponde a la misma formulación de modelos integrados de dinámica en edades que ha sido generalizada por la NOAA (Method & Wetzel, 2013), y empleado para la evaluación de poblaciones en una gran variedad de recursos en el mundo. Los modelos en cuestión consideraron que los parámetros de historia de vida de la almeja son comunes en toda la región siendo $L_{\infty}=96.5$ cm, $k=0.13$, $M=0.28$, $L_{50}=39$ y $h=0.75$.

- **Bahía Ancud**

Como norma general, todos los modelos tuvieron buen desempeño al intentar reproducir con mayor o menor calidad las piezas de información empleadas. Los modelos MESTOCK y MODTALLAS supusieron patrones de explotación invariantes en el tiempo, mientras el modelo MODBENTO y SS3 consideraron dos bloques de selectividad. El uso de patrones de explotación variables en el tiempo, aunque tiende a mejorar las tallas medias predichas, no generó mejoras significativas en los ajustes de las composiciones de longitudes. Del mismo modo, los modelos de evaluación MESTOCK y MODTALLAS fueron evaluados respecto de dos índices de abundancia alternativos: la CPUE y las estimaciones de biomasa generadas por el modelo de agotamiento Catdyn. Independiente de los modelos, los resultados mostraron que la reducción de la población fue más severa cuando se consideraron los índices del Catdyn, y que las fluctuaciones de este índice de abundancia parecen ser más consistentes con la variabilidad que presentaron las composiciones de tallas (**Figura 55, Figura 56, Figura 57 y Figura 58**). En efecto, la tendencia de recuperación de la talla promedio de las capturas se ajusta mejor cuando el índice Catdyn es empleado en el modelo. Del mismo modo e independientemente del índice de abundancia empleado, las tendencias de la biomasa fueron similares, pero con notables diferencias en términos de la escala poblacional. En cualquiera de los casos, los resultados muestran que la población de almejas en la bahía Ancud estaría

saliendo de un período de baja abundancia gatillado por mejores condiciones de reclutamientos y bajos niveles de explotación. A menudo, el incremento sostenido de las tallas promedio suelen ser un indicador de mejoría poblacional. Así y mientras el modelo MESTOCK sugiere un estado optimista con una biomasa por sobre el valor de referencia, el modelo MODTALLA fue más conservador en señalar que dicha condición aún no se ha logrado. De manera similar, los modelos MODBENTO y SS3 coinciden en señalar un estado poblacional favorable de la biomasa, explicado igualmente por mejores reclutamientos que habrían ocurrido los años más recientes (**Figura 59** y **Figura 60**).

Las estimaciones de biomasa fueron muy variables y dependientes tanto de los modelos como de los índices de abundancia empleados (**Tabla 27**). Como se ha mencionado, las estimaciones poblacionales basadas en la CPUE tienden a ser más optimistas que las logradas con el índice Catdyn. Independiente de esto, la biomasa virginal se estima en el rango 24 mil t – 39 mil t. Esta biomasa corresponde al valor promedio de largo plazo estimado desde el reclutamiento virginal R_0 . Por su parte, el potencial desovante corresponde a la proporción de desovantes respecto de la biomasa virginal estimada considerando la variación en los reclutamientos. La tendencia a la recuperación del reclutamiento en todos los casos y las bajas capturas de los últimos años, explicarían que, si bien la biomasa desovante se estima en algunos casos muy reducida (14%-16%, **Tabla 27**), el potencial reproductivo de los años más recientes supera el 40% en la mayoría de los escenarios (**Tabla 27**).

Otro análisis realizado fue el evaluar el efecto de la hiper-estabilidad de los índices de abundancia CPUE sobre las variables poblacionales. La hiper-estabilidad es una característica en la explotación pesquera de recursos sésiles basada en la rotación/visita de bancos, y consiste en que el índice de abundancia es poco sensible a grandes variaciones de la biomasa poblacional (e.g. efecto rotación de caladeros). Los resultados mostraron que el ajuste de los modelos tiende a mejorar bajo esta hipótesis (s_2) y por ende el efecto de hiper-estabilidad parece ser significativo. Esto se verifica al observar que la log-verosimilitud disminuye en al menos dos puntos (nivel de significancia) entre escenarios evaluados (**Tabla 28**). Si bien las variables poblacionales bajo esta hipótesis (biomasa) fueron estimadas ligeramente menores, sus diferencias fueron irrelevantes. Un resumen de los modelos empleados indica que las principales medidas de incertidumbre están en la escala de la población, pero no así en las tendencias poblacionales. Todos los modelos de análisis coinciden en la disminución de la población de almeja en la Bahía de Ancud durante dos décadas completas 80s y 90s (**Figura 61**). Para las últimas dos décadas la almeja estuvo en un estado de baja abundancia potenciados además por anomalías negativas en los reclutamientos, mientras que, para los años más recientes, se advierten ligeros síntomas de recuperación tanto por la recuperación de los reclutamientos como por la disminución de las capturas.

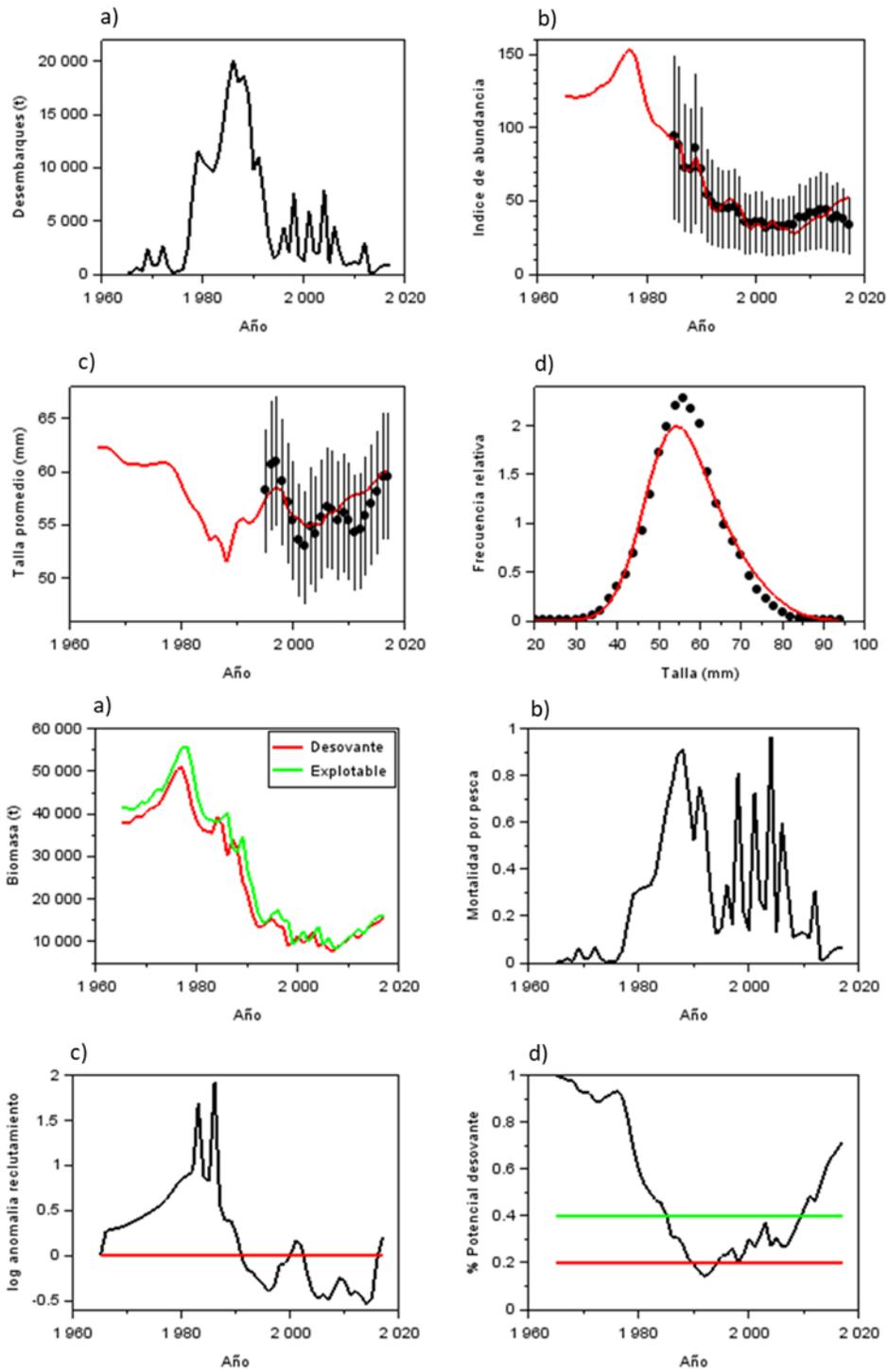


Figura 55. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud.

Modelo MESTOCK

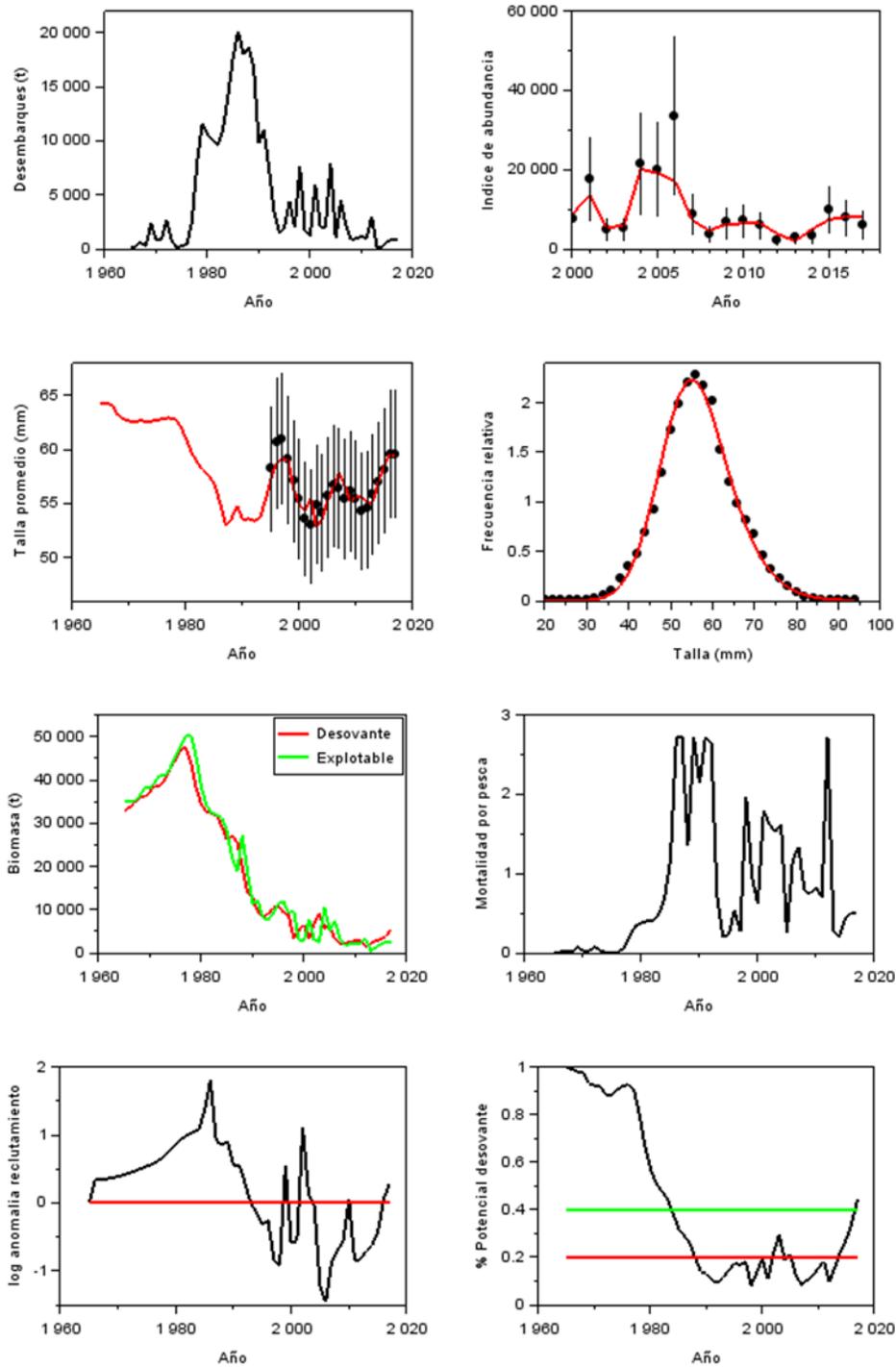


Figura 56. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo MESTOCK. Índice de abundancia Catdyn.

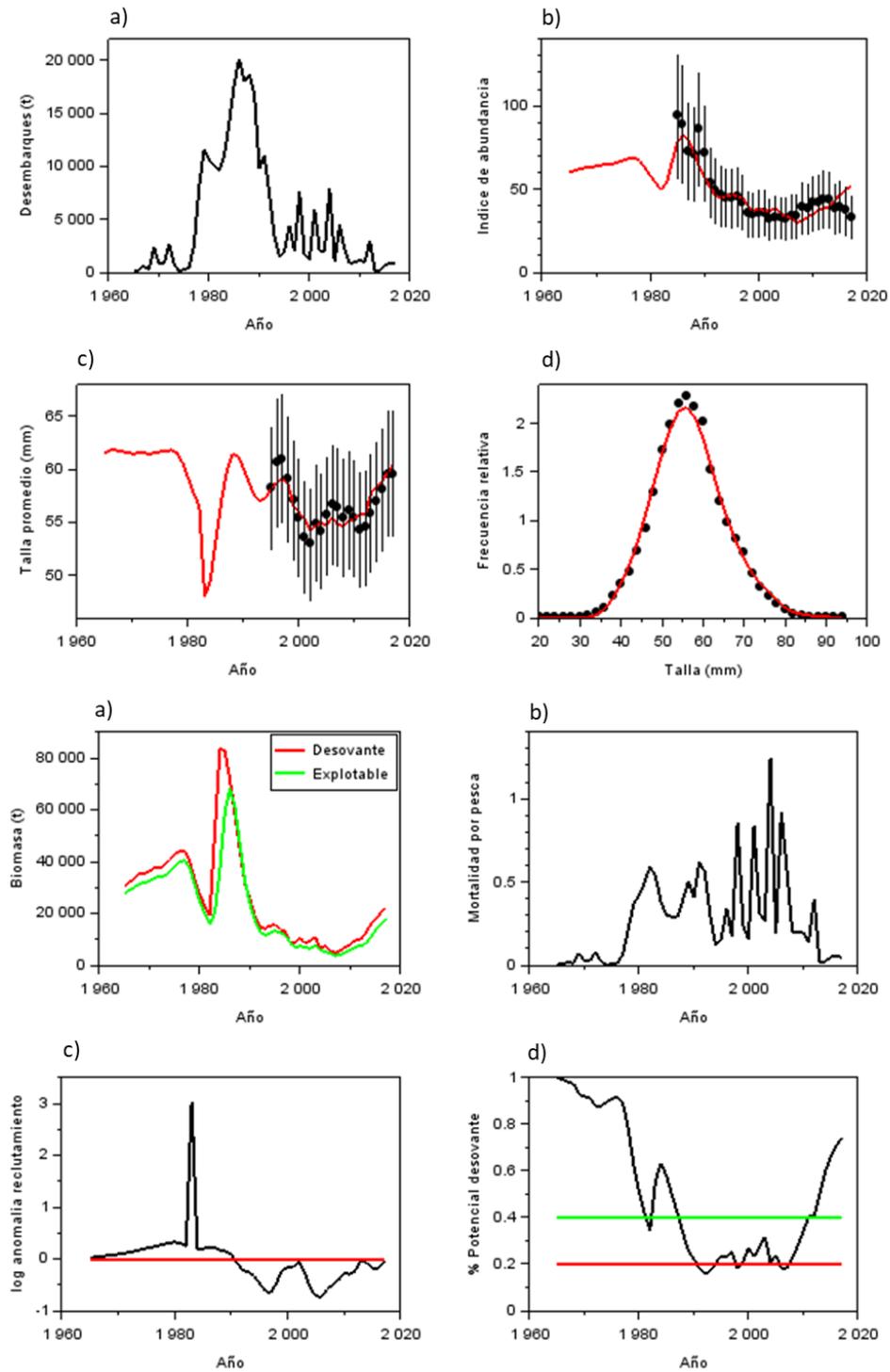


Figura 57. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo MODTALLAS.

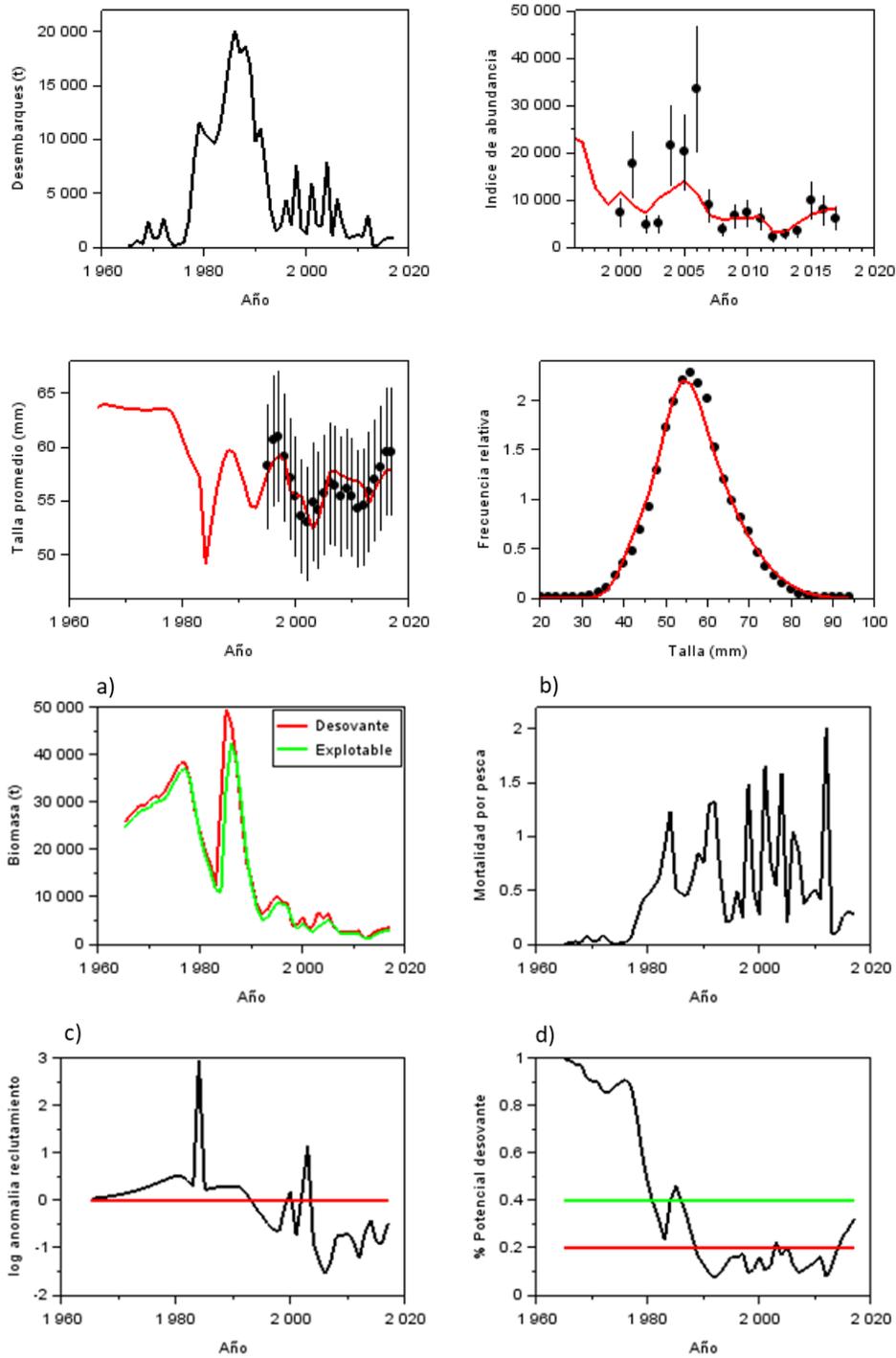


Figura 58. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo MODTALLAS. Índice de abundancia Catdyn.

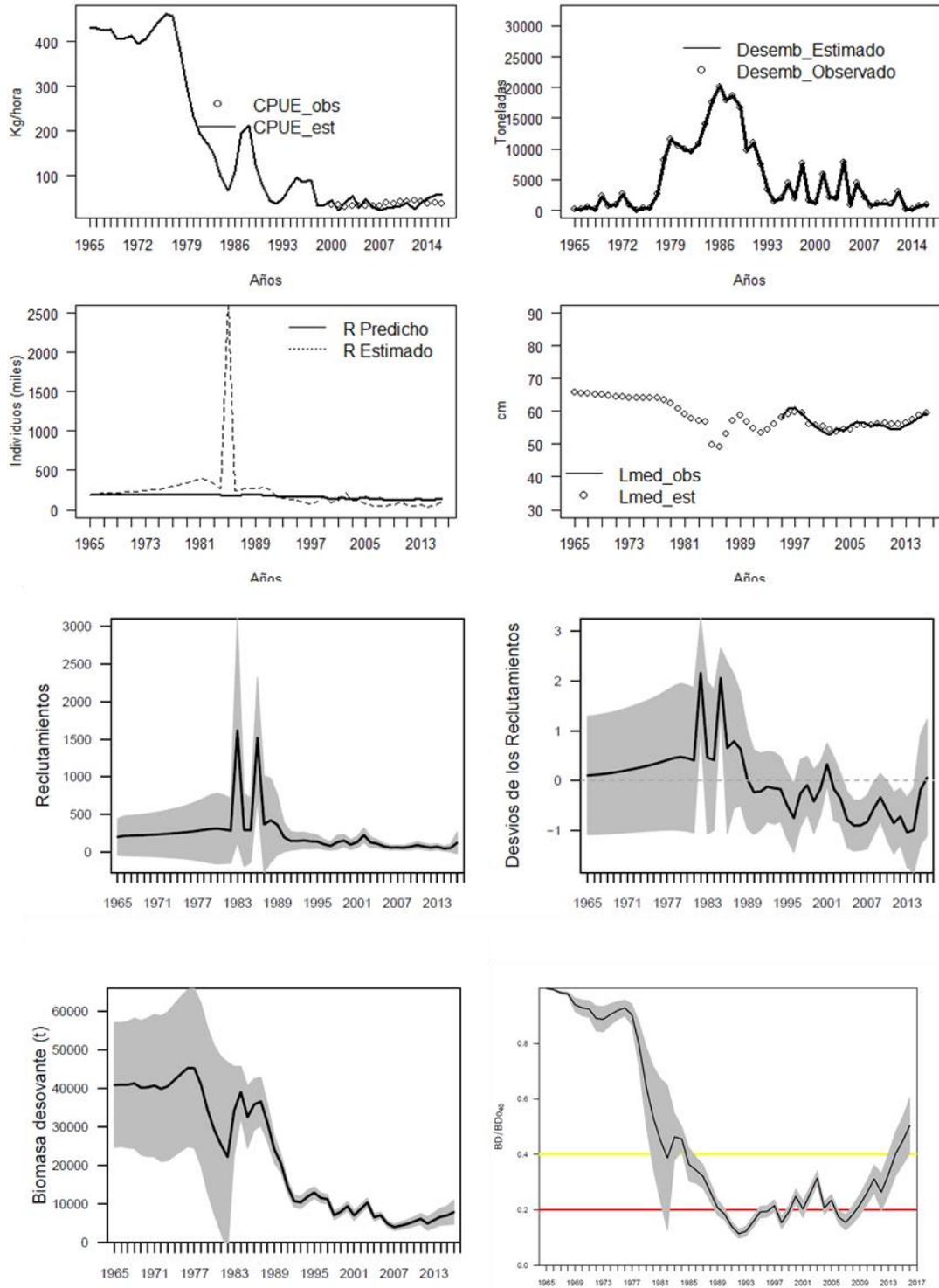


Figura 59. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo MODBENTO.

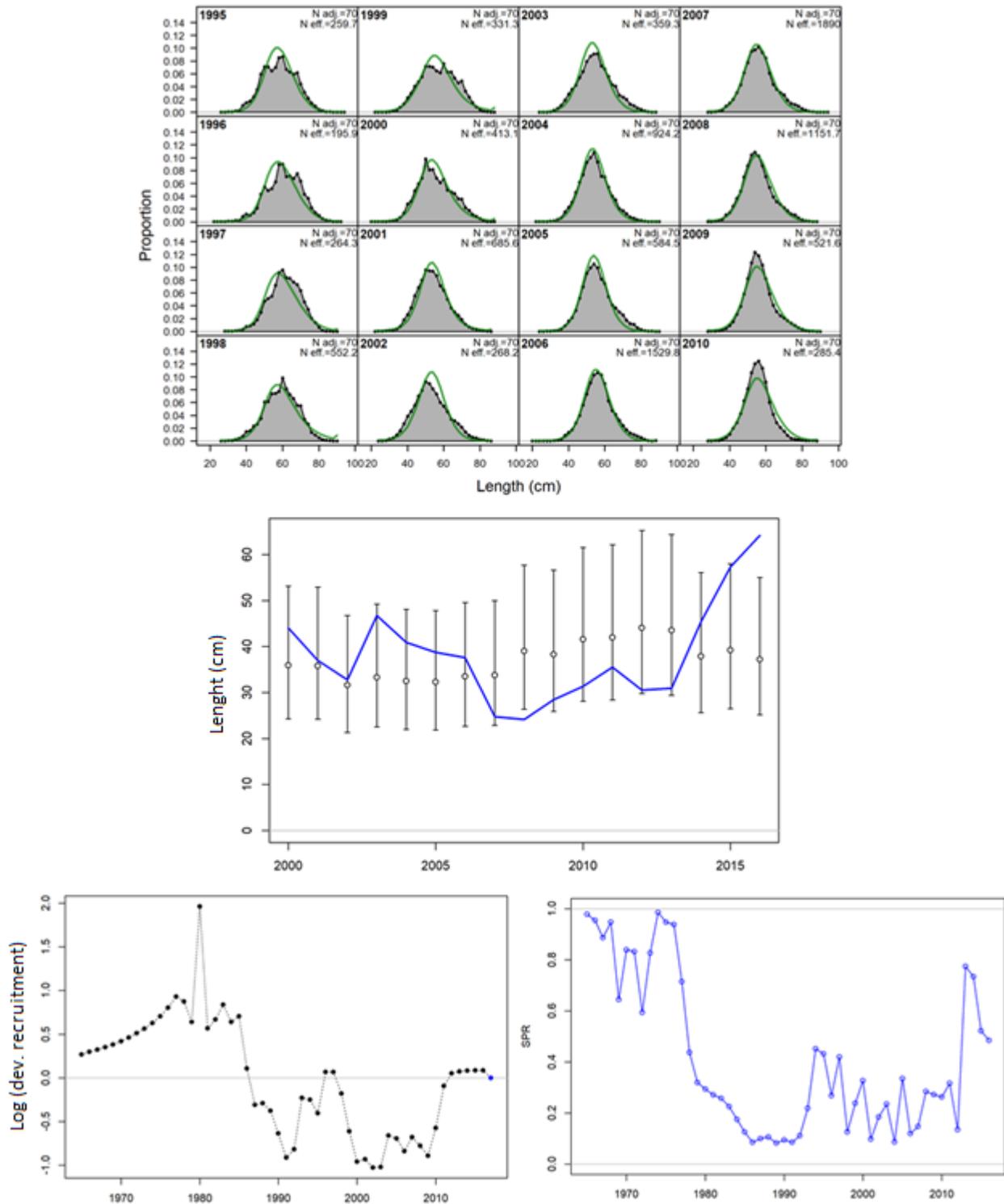


Figura 60. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en Bahía Ancud. Modelo STOCK SINTESIS (SS3).

Tabla 27. Principales indicadores de desempeño poblacionales estimados para la almeja en la Bahía de Ancud. Se muestran indicadores obtenidos para cada modelo e índice. n/e = no estimado.

Modelo	Índice	BD ₀ (t)	BD _{rms} (t)	BD (t)	%BD ₀	%RPD	F
MODTALLAS	cpue	35,705	14,282	21,669	61%	74%	0.05
	catdyn	24,752	9,901	3,573	14%	32%	0.28
MODBENTO	cpue	39,405	15,762	6,353	16%	44%	0.18
	catdyn	n/e	n/e	n/e	n/e	n/e	n/e
MESTOCK	cpue	38,663	15,465	15,843	41%	72%	0.06
	catdyn	32,275	12,910	4,428	14%	40%	0.51
SS3	cpue	29,196	11,678	5,373	18%	48%	0.09
	catdyn	n/e	n/e	n/e	n/e	n/e	n/e

Tabla 28. Principales indicadores de desempeño poblacionales estimados para la almeja en la Bahía de Ancud para dos escenarios de hiper-estabilidad de la CPUE respecto de la biomasa explotable. s1: sin hiper-estabilidad. s2: con hiper-estabilidad. LL es la log-verosimilitud de todos los datos.

Modelo	Escenario	BD ₀ (t)	BD _{rms} (t)	BD (t)	LL
MODTALLAS	s1	35,705	14,282	21,669	1353.1
	s2	29,538	11,815	21,996	1342.2
MESTOCK	s1	38,663	15,465	15,843	1357.3
	s2	38,375	15,350	15,741	1355.6

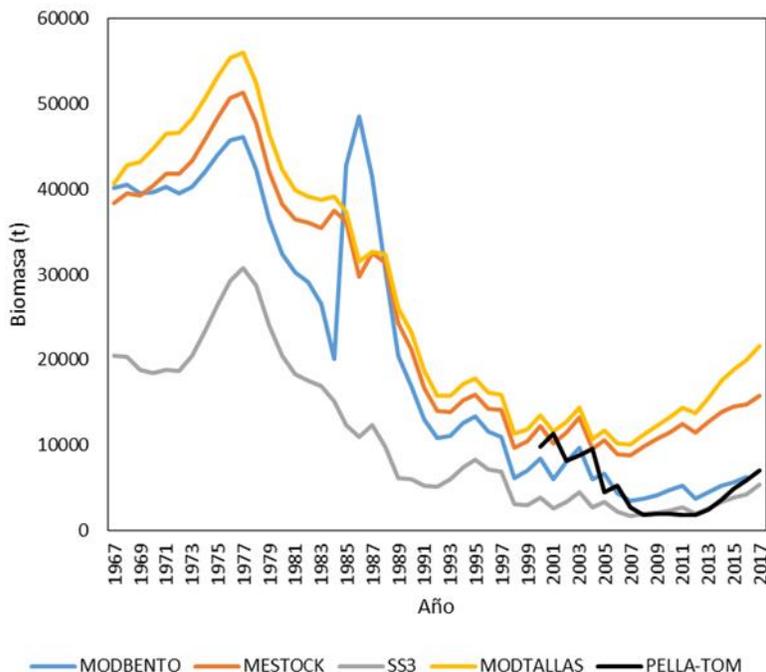


Figura 61. Biomasa desovante de almeja en Bahía Ancud según diversos modelos de evaluación.

- **X sur-Quellón**

Al igual que en Ancud, todos los modelos tuvieron buen desempeño al intentar reproducir con mayor o menor grado las piezas de información empleadas. Los modelos de evaluación MESTOCK y MODTALLAS fueron evaluados respecto de dos índices de abundancia alternativos: la CPUE y las estimaciones de biomasa generadas por el modelo Catdyn. Independiente de los modelos, los resultados mostraron que la reducción de la población fue más severa cuando se consideraron los índices del Catdyn, no obstante, en este caso, las fluctuaciones de este índice de abundancia fueron poco consistentes con la variabilidad que presentaron las composiciones de tallas (**Figura 62, Figura 63, Figura 64 y Figura 65**). En efecto, la tendencia de recuperación de la talla promedio de las capturas se habría registrado de manera sostenida durante toda la década pasada, invirtiéndose solo a partir del 2010, situación que sutilmente solo se observa en la CPUE.

Independientemente del modelo y considerando solo el índice CPUE, las tendencias de las biomazas estimadas entre modelos fueron similares y muestran que la población de almejas en torno a Quellón estaría iniciando un período de crecimiento poblacional e invirtiendo la tendencia a la baja registrado en el período 2008-2012. Esto se debería a mejores condiciones de reclutamientos y significativa disminución en

los niveles de explotación. Tanto el modelo MESTOCK como MODTALLA son coincidentes en señalar que la condición de la población están próximas al nivel de referencia objetivo, el cual podría ser cauteloso, por ejemplo, el 40% del potencial desovante de la población (**Figura 62 y Figura 64**). De manera similar, los modelos MODBENTO y SS3 son consistentes en señalar la tendencia a mejorar el estado poblacional de la biomasa, explicado igualmente por mejores reclutamientos que habrían ocurrido los años más recientes (**Figura 66 y Figura 67**).

Las estimaciones de biomasa fueron muy variables y dependientes tanto de los modelos como de los índices de abundancia empleados (**Tabla 29**). Como se ha mencionado, las estimaciones poblacionales basadas en la CPUE tienden a ser más optimistas que las logradas con el índice Catdyn. Independiente de esto, la biomasa virginal se estima en el rango 50 mil t – 111 mil t. Esta biomasa corresponde al valor promedio de largo plazo estimado desde el reclutamiento promedio sin explotación. La tendencia a la recuperación del reclutamiento y la disminución de las capturas de los últimos 2 años, explicarían que, si bien el potencial desovante en SS3 se estima muy reducido (28%, **Tabla 29**), en términos generales la biomasa del año más reciente se ubicaría en torno al 40% de la biomasa desovante virginal.

Del mismo modo, se probó el desempeño de los modelos MESTOCK y MODTALLAS al efecto de la hiper-estabilidad de los índices de abundancia CPUE. A diferencia de Ancud, los resultados mostraron que el ajuste de los modelos no mejora bajo esta hipótesis (s2) y en el modelo MODTALLAS empeora, por lo que el efecto de hiper-estabilidad no parece ser significativo en esta zona (menos de dos puntos de diferencia en log-verosimilitud) (**Tabla 28**). Del mismo modo a lo mostrado antes, el resumen de los modelos empleados indica que la principal incertidumbre está en la escala de la población, pero no así en las tendencias poblacionales. Todos los modelos de análisis coinciden en la sostenida disminución de la población de almejas hasta el año 1993, seguido de períodos alternos de abundancia (**Figura 68**). El último período de mejores condiciones de abundancia poblacional se habría registrado en el período 2004-2010. Luego de esto y de una abrupta disminución, para los años más recientes se advierten ligeros síntomas de recuperación, tanto por la recuperación de los reclutamientos como por la disminución de las capturas (**Figura 68**).

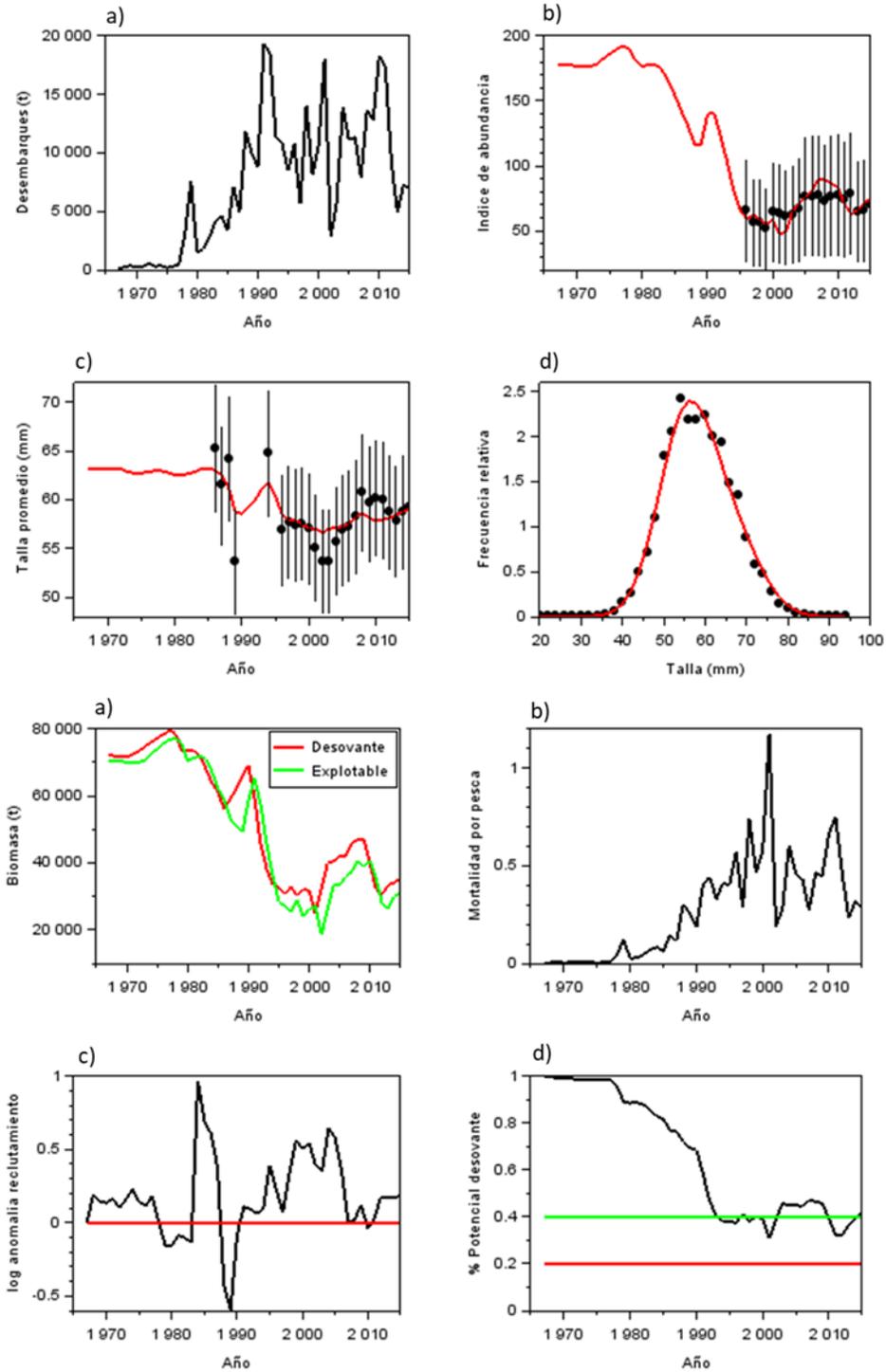


Figura 62. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MESTOCK

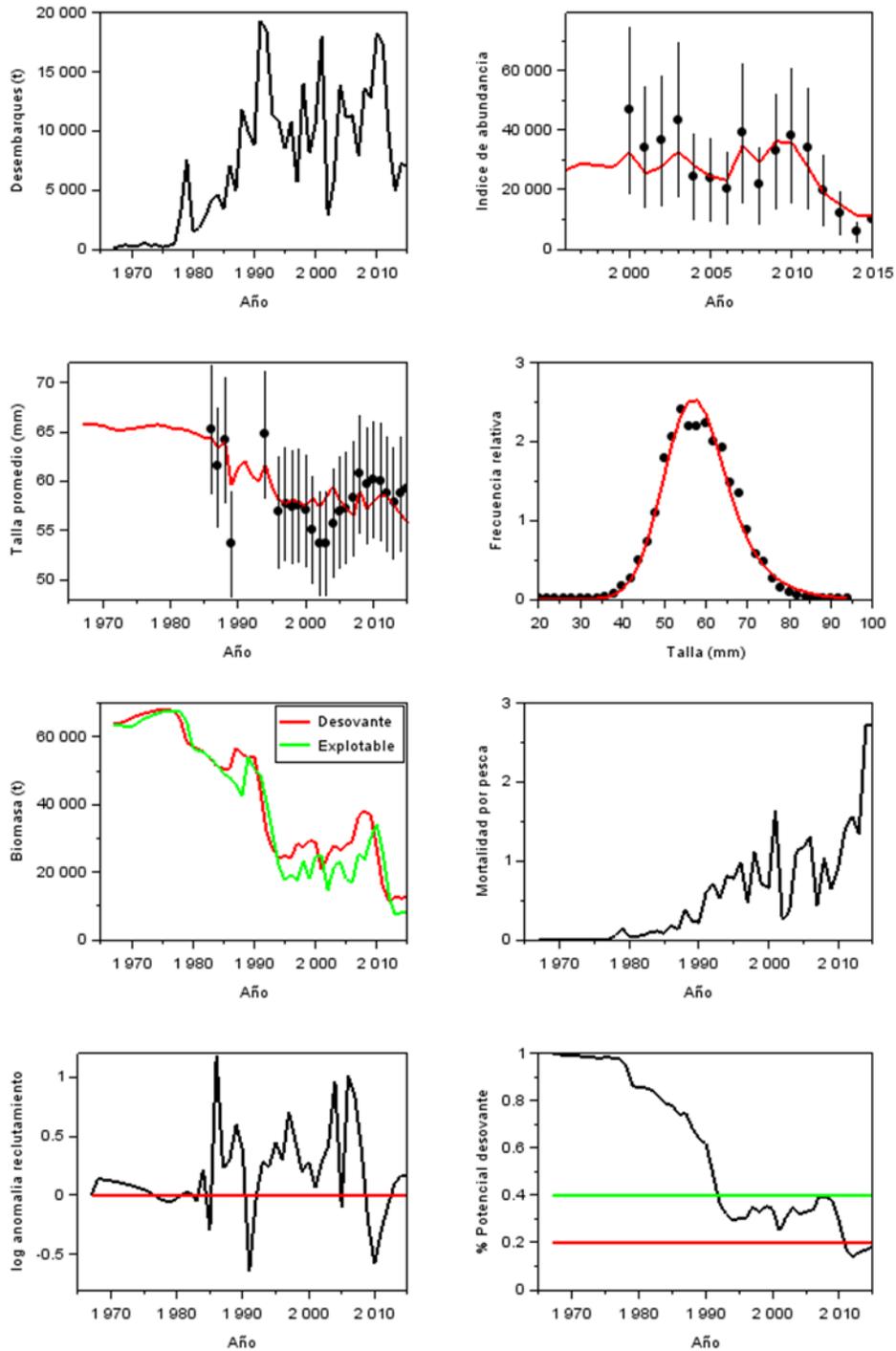


Figura 63. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MESTOCK. Índice de abundancia Catdyn.

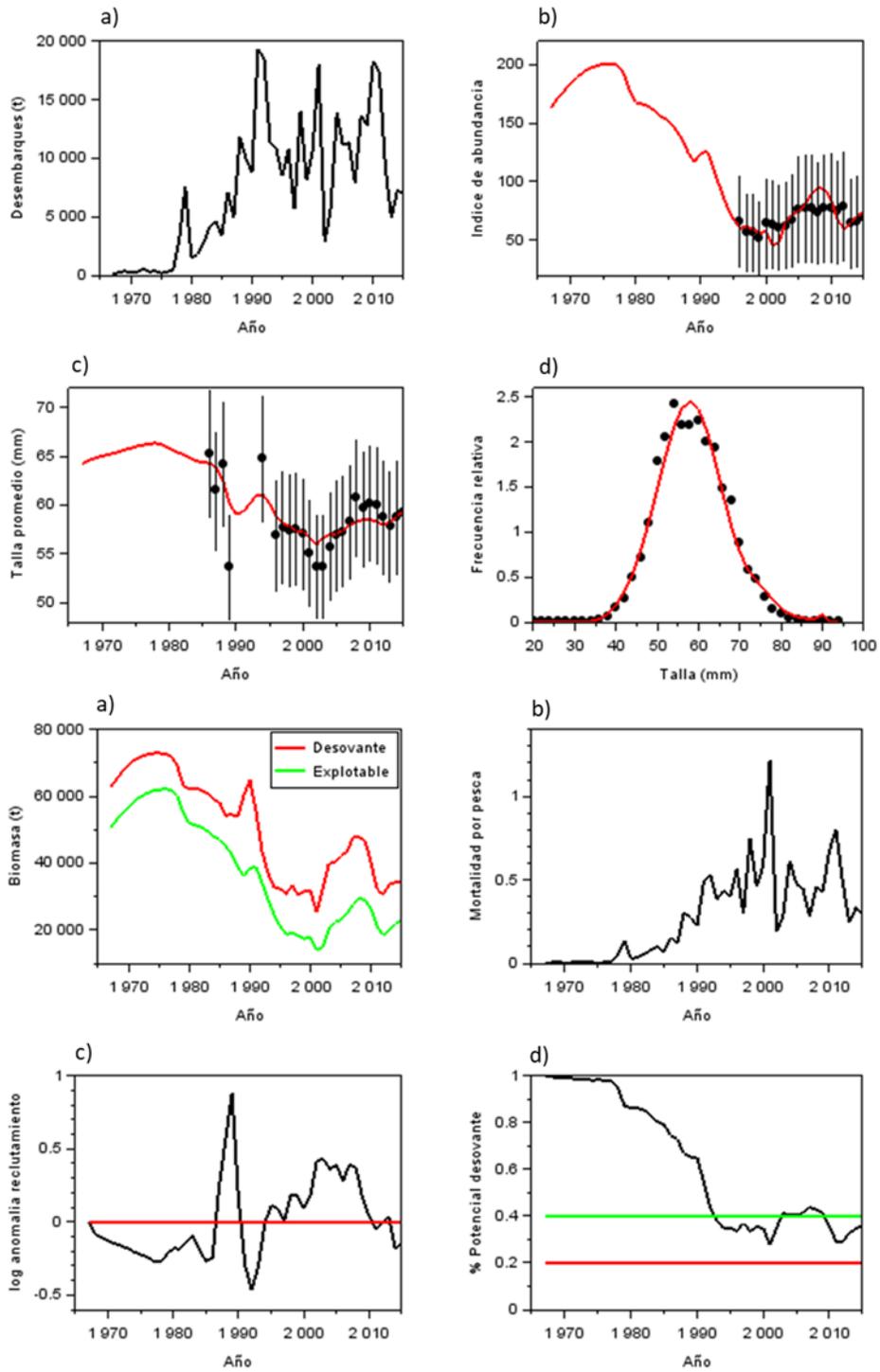


Figura 64. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MODTALLASLL.

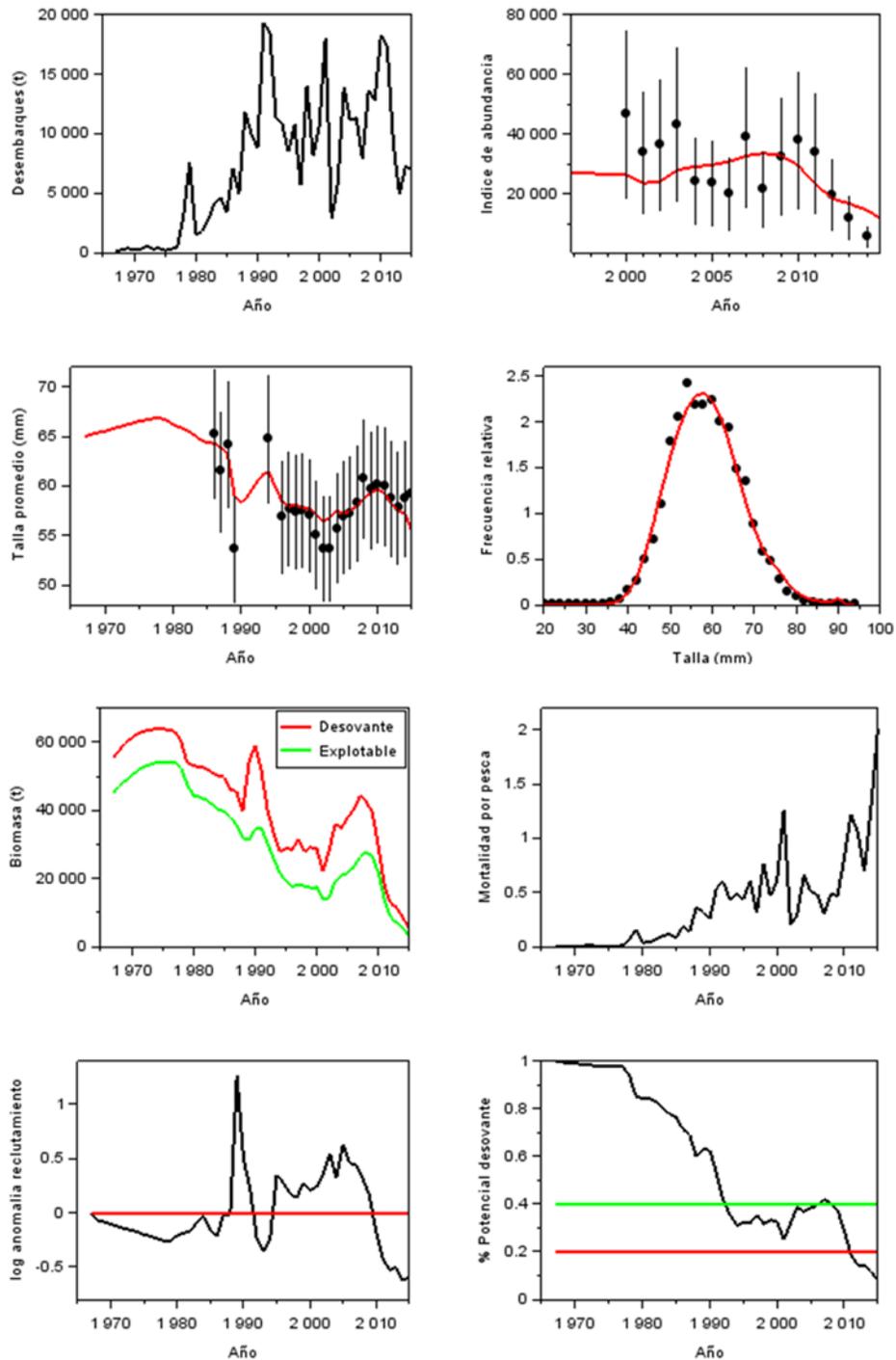


Figura 65. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MODTALLASLL. Índice de abundancia Catdyn.

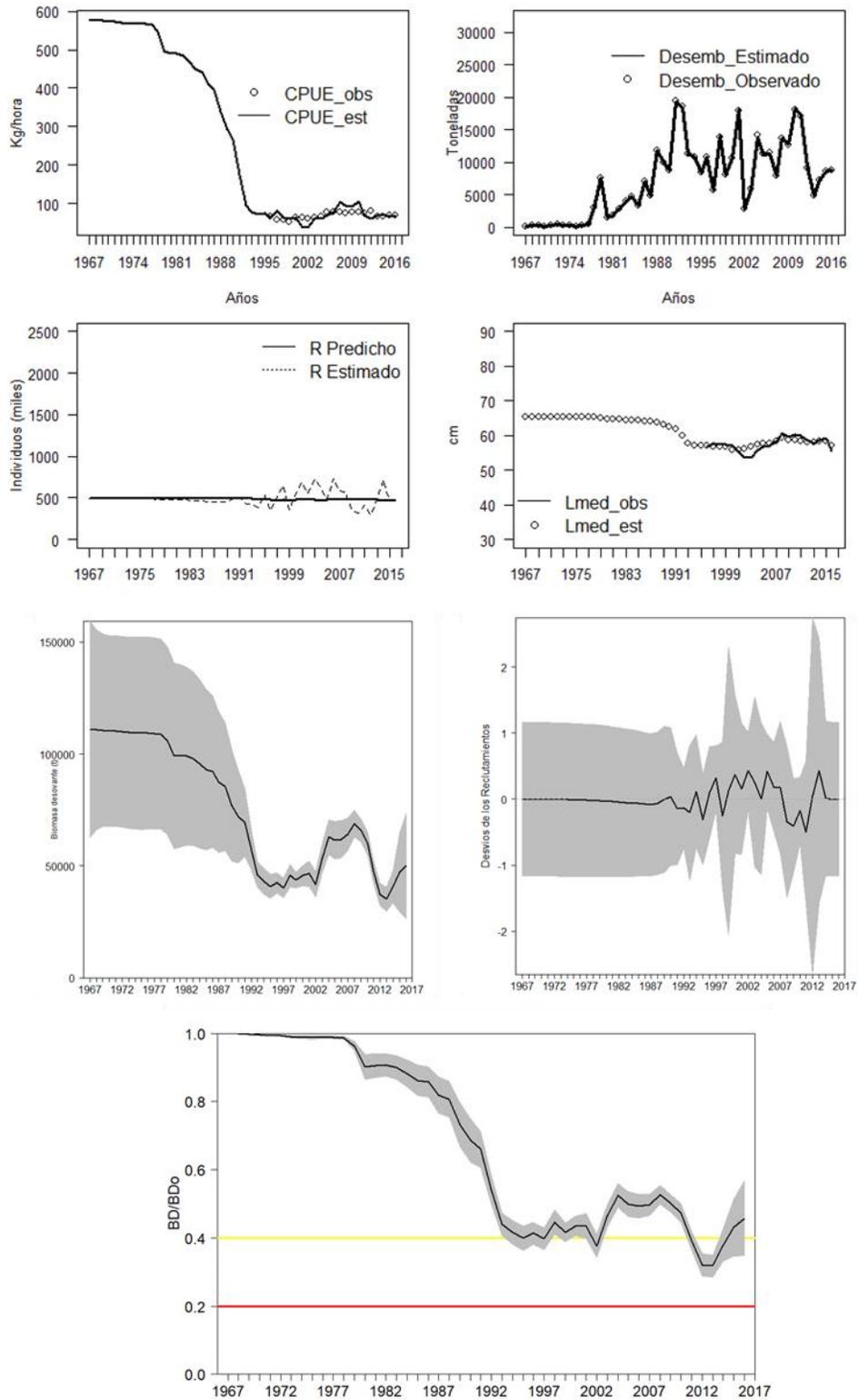


Figura 66. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo MODBENTO

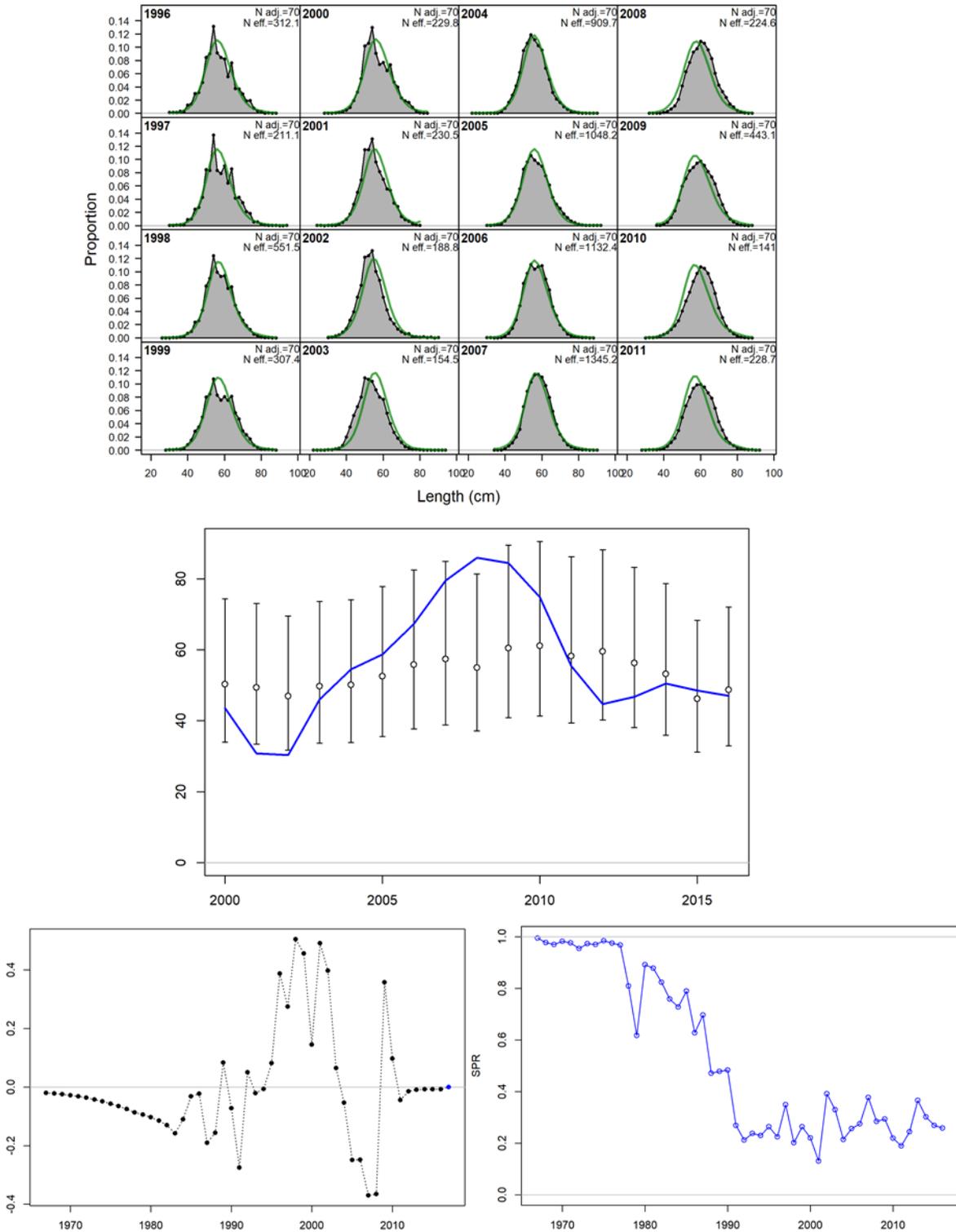


Figura 67. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona X sur-Quellón. Modelo STOCK SINTESIS

Tabla 29. Principales indicadores de desempeño poblacionales estimados para la almeja en X sur- Quellón

Modelo	Indice	BD ₀ (t)	BD _{rms} (t)	BD (t)	%BD ₀	%RPD	F
MODTALLAS	cpue	59,896	23,959	34,304	57%	36%	0.3
	catdyn	53,387	21,355	3,952	7%	6%	1.02
MODBENTO	cpue	111,026	44,410	50,035	45%	45%	0.83
	catdyn	n/e	n/e	n/e	n/e	n/e	n/e
MESTOCK	cpue	72,870	29,148	35,747	49%	42%	0.29
	catdyn	64,351	25,740	14,418	22%	20%	1.99
SS3	cpue	49,445	19,778	19,646	40%	28%	0.22
	catdyn	n/e	n/e	n/e	n/e	n/e	n/e

Tabla 30. Principales indicadores de desempeño poblacionales estimados para la almeja en la Región X sur- Quellón para dos escenarios de hiper-estabilidad de la CPUE respecto de la biomasa explotable. s1 sin hiper-estabilidad. s2: con hiper-estabilidad. LL es la log-verosimilitud de todos los datos.

Modelo	Escenario	BD ₀ (t)	BD _{rms} (t)	BD (t)	%BD ₀	LL
MODTALLAS	s1	59,896	23,959	34,304	57%	1402.5
	s2	59,966	23,986	24,625	41%	1440.1
MESTOCK	s1	72,870	29,148	35,747	49%	1399.5
	s2	72,369	28,948	35,417	49%	1398.7

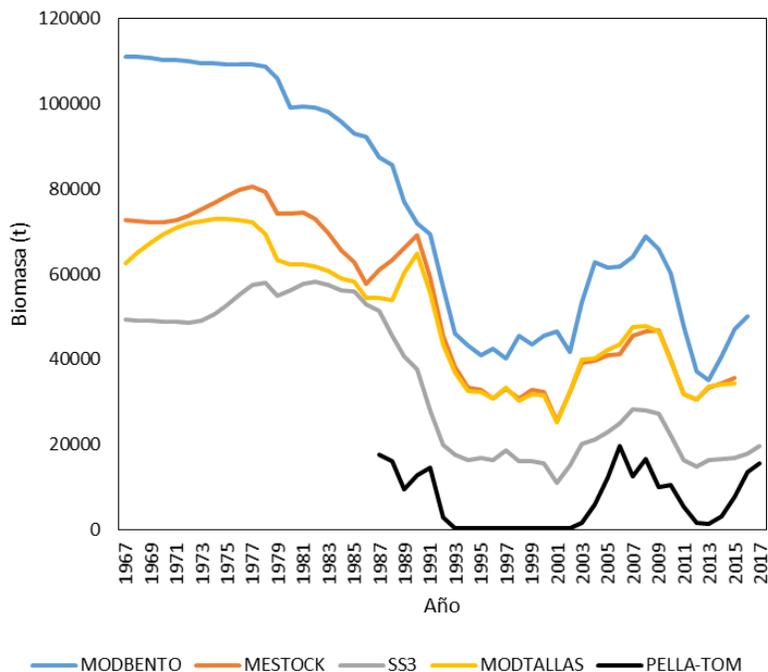


Figura 68. Biomasa desovante de almeja en X sur- Quellón según diversos modelos de evaluación

- **Zona XI**

De acuerdo a lo planteado en la metodología, se utilizaron cuatro años disponibles de estructuras de tallas que provienen del programa de monitoreo de pesquerías bentónicas que realiza IFOP. En este caso, los años disponibles fueron los años 2000, 2001, 2011, 2013. El modelo necesitó especificaciones relativas a parámetros biológicos y ciertos puntos referenciales para determinar su estatus, los cuales fueron obtenidos de Mace & Sissenwine (1993) de acuerdo al grupo taxonómico evaluado. Estas especificaciones están contenidas en **Tabla 31**.

Tabla 31. Especificaciones biológicas y pesqueras para modelar la población de almejas de la Región de Aysén.

Item	Valor	Referencia
Nombre	<i>Venus antiqua</i>	
Linf	93,1	Jaramillo <i>et al.</i> , 2003
L50%	32,7	Jaramillo <i>et al.</i> , 2003
L95%	70	Jaramillo <i>et al.</i> , 2003
M/K	0.28/0.218	Jaramillo <i>et al.</i> , 2003
SL50	55	Modelo logístico
SL95	90	Modelo logístico
SPR	0.4	Mace & Sissenwine, 1993
a	0.005	Relación L-P
B	3.0637	Relación L-P
L unitis	mm.	

Los resultados del modelo LB-SPR se presentan en el diagrama (**Figura 69**), el cual está compuesto por la simulación de una estructura de tallas con y sin pesca, la selectividad acumulada y la madurez, la longitud relativa a la edad y un punto de referencia basado en una razón de F/M. Estos resultados son producto de la simulación basa en los parámetros biológicos de la especie. Respecto a la condición del stock de almeja en la Región de Aysén, la **Figura 70** presentan las condiciones del recurso para los años evaluados. Para el stock evaluado, el modelo indica una condición de un 22% de potencial reproductivo para su biomasa desovante, que estaría 18 puntos por debajo de un eventual objetivo de manejo (SPR 40%).

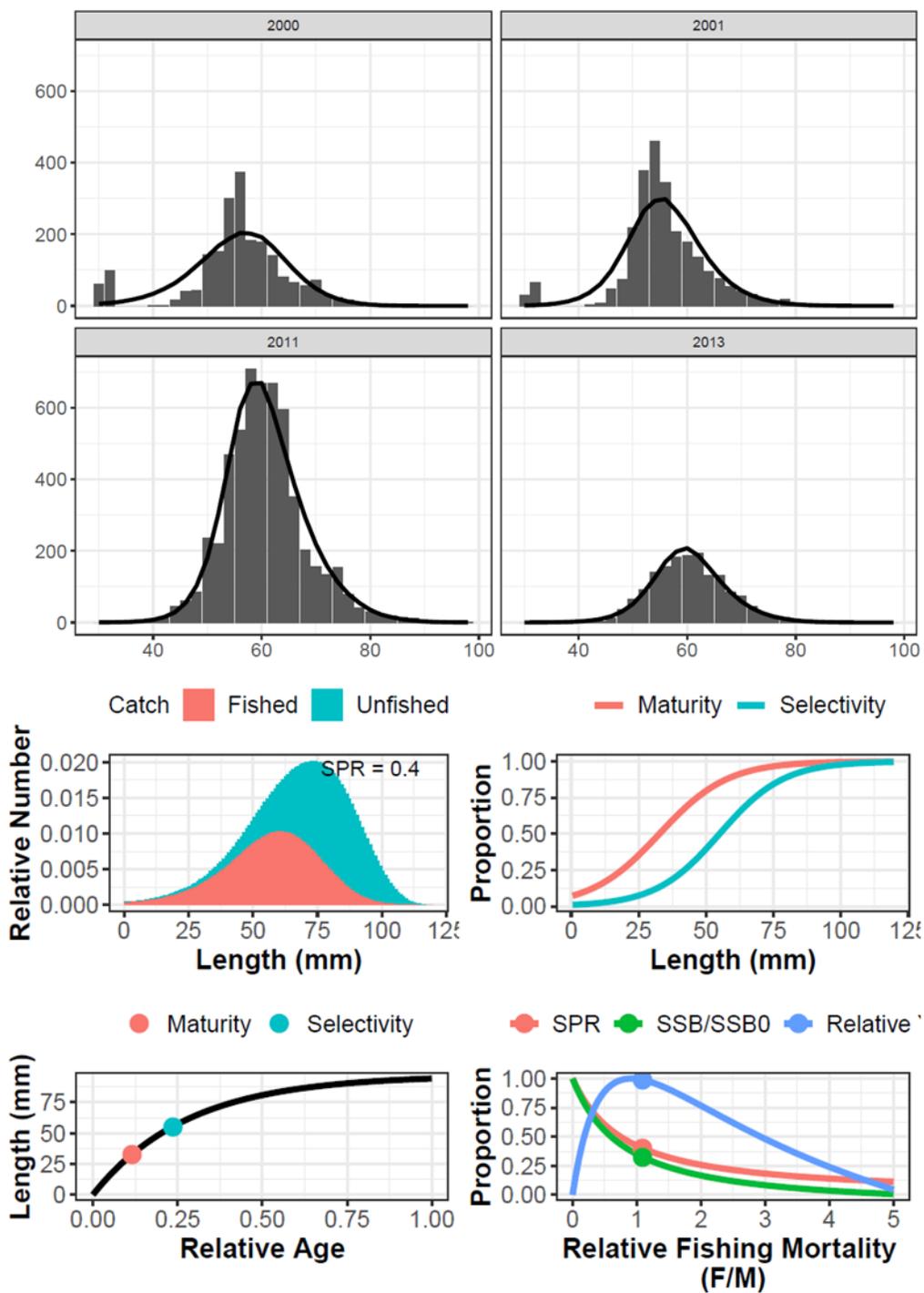


Figura 69. Resumen ajuste del modelo y desempeño de las principales variables de almeja en zona XI. Modelo LBSPR.

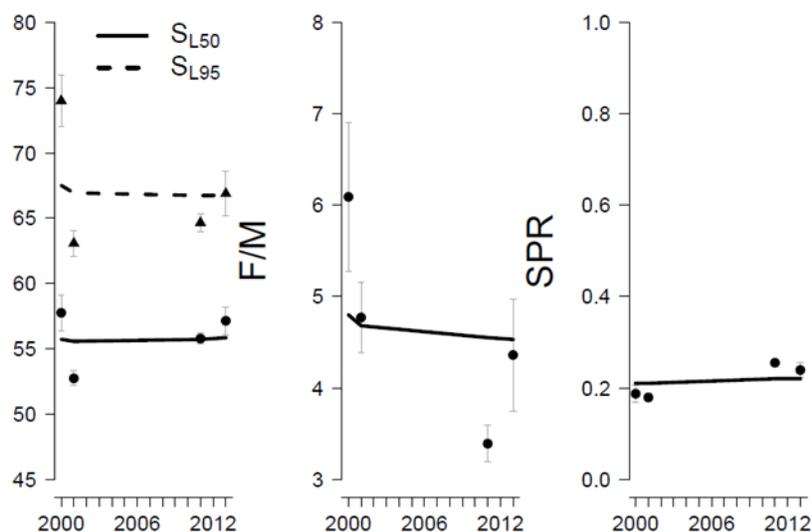


Figura 70. Indicadores de selectividad, F/M, y Potencial Reproductivo de la Biomasa Desovante para almeja de la zona XI.

2.2. Modelo de conectividad espacial MODMETAPOP

El modelo de conectividad espacial MODMETAPOP (Canales et al, 2016b) fue implementado suponiendo que la zona X Región sur actuaría como fuente y la zona X norte es el pseudo-sumidero. Este supuesto surge bajo el contexto que la productividad de la zona norte hoy se encuentra disminuida y es la zona X sur la que sustenta la pesquería de toda la región. En este tipo de análisis, se espera que dos subpoblaciones conectadas presenten similitudes en las principales características biológicas como variaciones en los índices de densidad relativa a distintas escalas y en la talla promedio de la población/capturas. Una población fuente debiese ser la más productiva y determinar tendencia en las poblaciones pseudo-sumidero, razón por la cual, en nuestro caso, no es posible suponer que la zona norte pueda ser candidata a población fuente.

En este modelo se supuso que la capturabilidad entre zonas es similar, con el objeto que las diferencias en el índice de abundancia reflejan proporcionalmente las diferencia en la biomasa entre las dos zonas. La conectividad espacial en este trabajo se refiere a la influencia que tienen los reclutamientos de una zona sobre otra pseudo-sumidero sobre la base de la deriva larvaria. Se evaluaron 3 escenarios de

conectividad y dos escenarios de independencia poblacional (**Tabla 32**), y no obstante los supuestos anteriores, los resultados mostraron que no hay evidencias de conectividad en los datos analizados, dado que el ajuste del modelo tiende a empeorar cuando se analizan escenarios del 10%, 20% o 30% de conectividad larvaria de sur a norte. De hecho, los escenarios de independencia poblacional S0 y S4 mostraron el mejor ajuste a los datos (menor log verosimilitud LL). Del mismo modo, los resultados muestran que el efecto de hiper-estabilidad en los índices de abundancia (CPUE) no resultó ser significativo, dado que el valor de la log-verosimilitud entre S4 y S0 resultaron ser iguales. Parte del resultado anterior se corrobora al simular la trayectoria de una partícula sumergida a 5 metros en distintos puntos del mar interior de Chiloé, del cual se destaca que no existen patrones claros de conectividad sino más bien zonas de retención larvaria (**Figura 71**).

El ajuste del modelo en términos generales reprodujo tendencias y variabilidad de la data empleada. Algunos de estos escenarios muestran que en general, la población de almeja X norte se encontraría agotada y que si la hiper-estabilidad fuese la mejor forma de interpretar las variaciones de la CPUE (S4), en el mejor de los casos esta población se ubicaría en torno al 14% de la biomasa virginal (**Figura 72, Figura 73 y Figura 74, Tabla 32**). Estos resultados permitirían explicar el hecho que la talla promedio se halla mantenido estable y por debajo de las tallas que se reportaban antes del año 2000. De manera contraria, en la zona X sur se estima que la explotación podría ser adecuada y dejando como remanente cerca del 40% de la biomasa virginal (S0 y S4), proporción que a menudo es considerada como valor objetivo para fines de manejo pesquero.

Otro resultado interesante es que si bien en los datos analizados (tallas y CPUE) no se evidencia conectividad espacial entre subpoblaciones, las anomalías de reclutamientos entre zonas y en todos los escenarios fueron similares (**Figura 72, Figura 75 y Figura 77**), caracterizadas con valores negativos durante gran parte de los 90s y para los años más recientes. De acuerdo con este modelo, la biomasa virginal de toda la X Región, estimada para los escenarios más verosímiles (S0 y S4) como la suma de ambas unidades poblacionales, estaría en torno a las 260 mil toneladas (**Tabla 33**).

Tabla 32. Configuración de los casos analizados del modelo MODMETAPOP aplicado a la información de almeja de la X Región.

Escenario	% conectividad	Hiper-estabilidad
S0	0	No
S1	10%	No
S2	20%	No
S3	30%	No
S4	0	Estimada

Tabla 33. Resumen de los casos analizados del modelo MODMETAPOP aplicado a la información de almeja de la X Región.

Escenario	X Sur			X Norte			LL_Total	Δ LL
	B0 (t)	%B0	LL	B0 (t)	%B0	LL		
S0	109,593	40%	1,782	156,974	1%	1,414	3,196	0
S1	117,893	38%	1,782	156,938	1%	1,415	3,197	1
S2	81,222	9%	1,840	152,219	1%	1,421	3,261	64
S3	144,441	19%	1,808	153,320	1%	1,418	3,226	30
S4	107,272	40%	1,782	158,046	14%	1,414	3,196	0

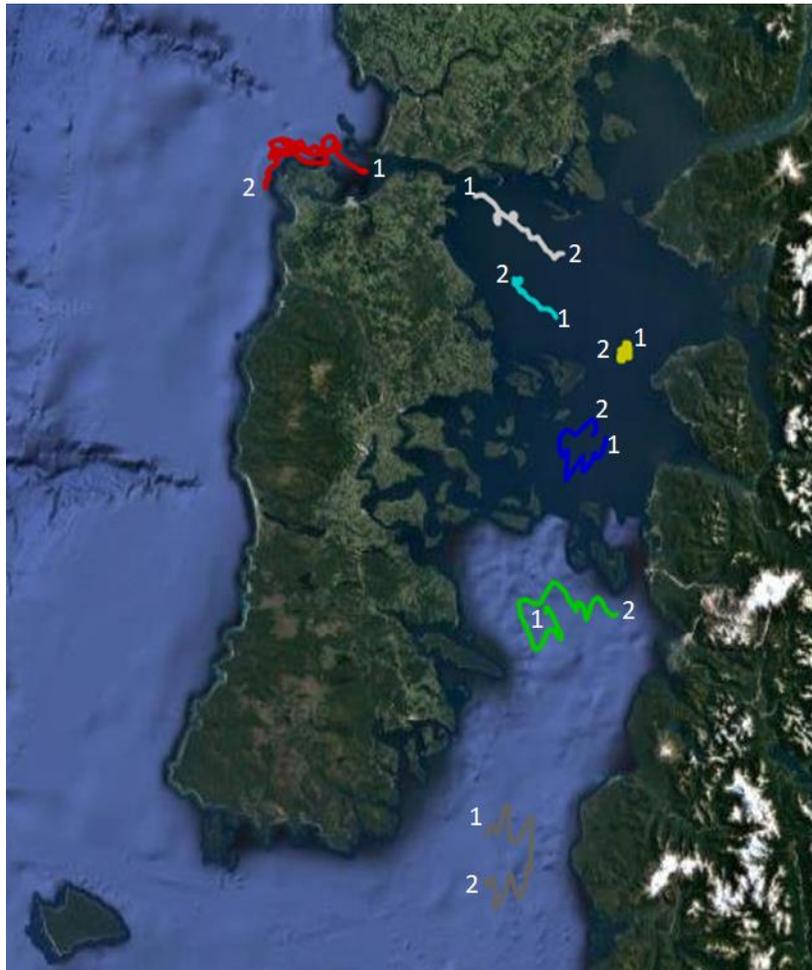


Figura 71. Simulación en la dispersión de partículas (1: inicio, 2: final) durante 72 horas en la X Región obtenidas de la página CHONOS de IFOP (<http://ronin.dgeo.udec.cl/MOSAv2/index.php>)

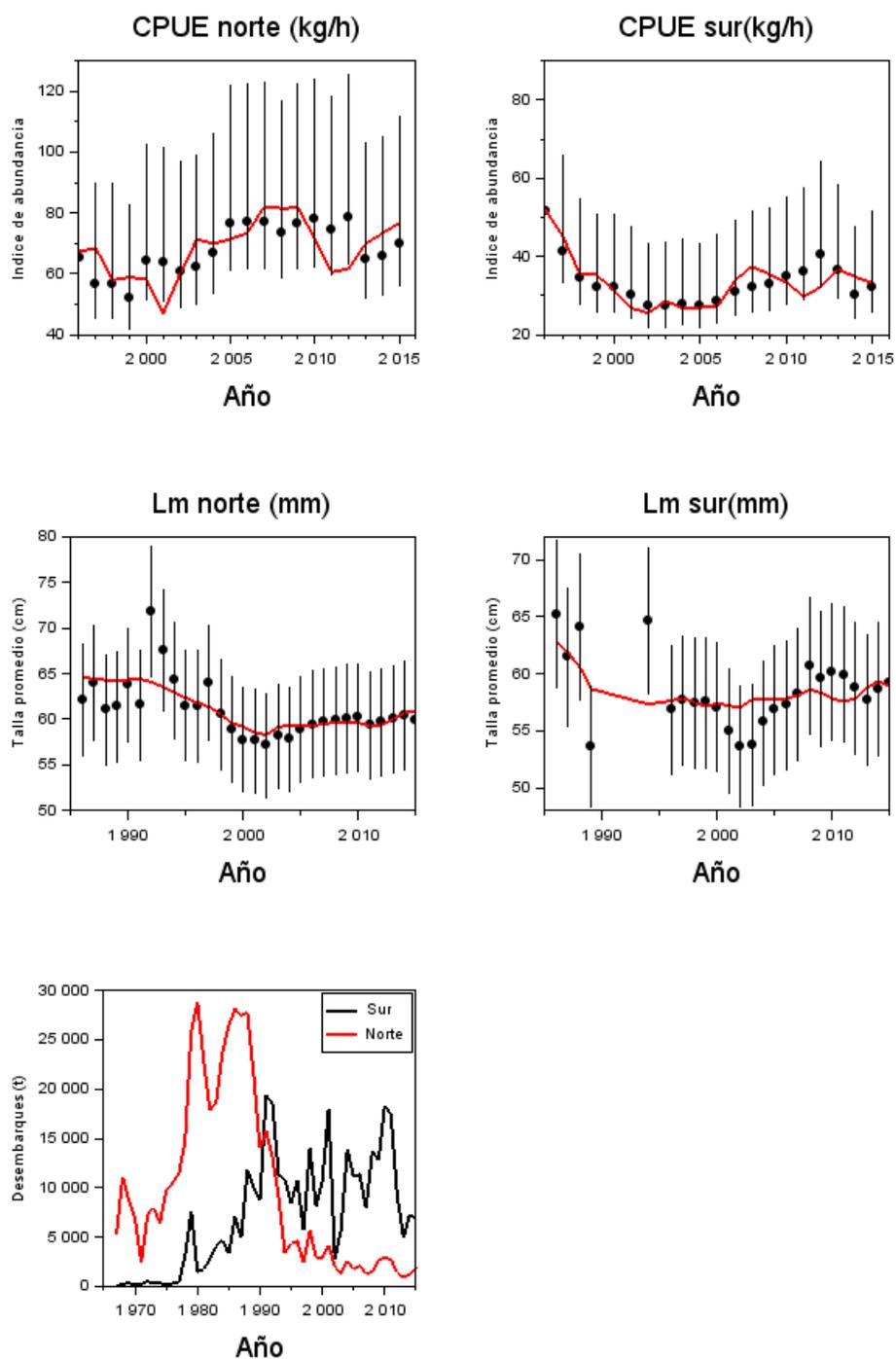


Figura 72. CPUE, talla promedio y desembarques de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Los puntos son los datos y la línea el modelo. Escenario S0.

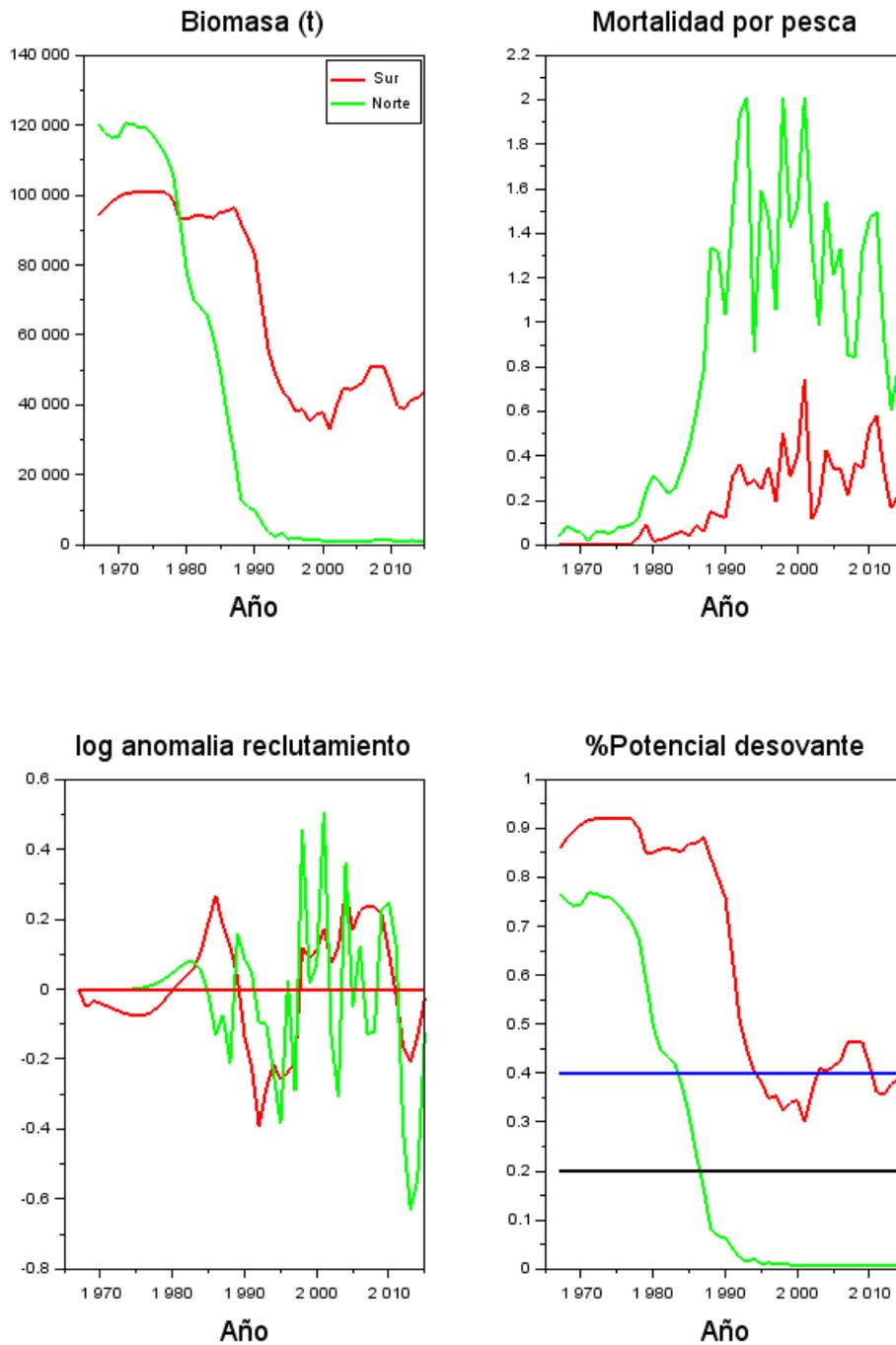


Figura 73. Biomasa desovante, mortalidad por pesca, reclutamientos y potencial desovante de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Escenario S0.

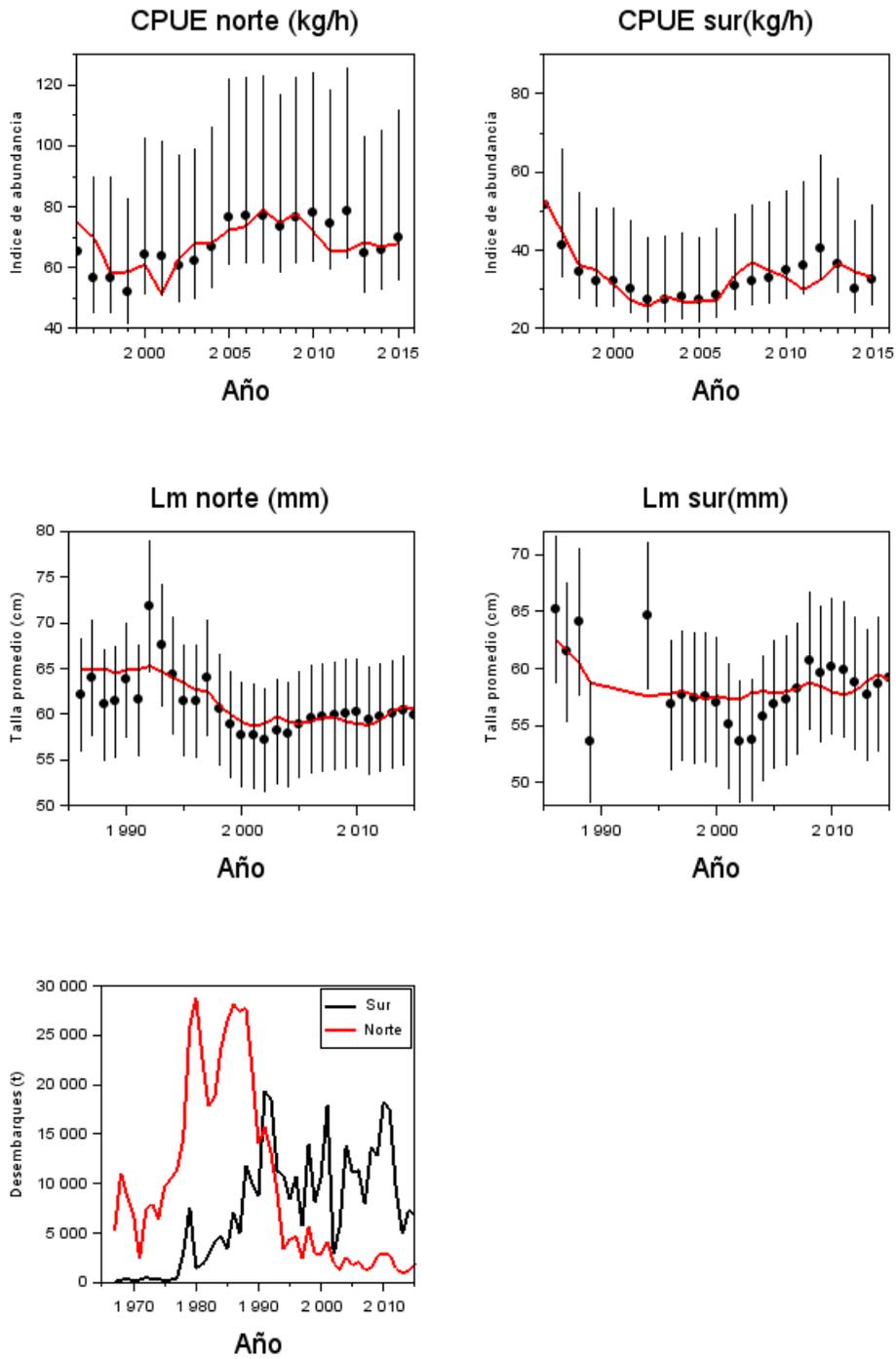


Figura 74. CPUE, talla promedio y desembarques de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Los puntos son los datos y la línea el modelo. Escenario S3.

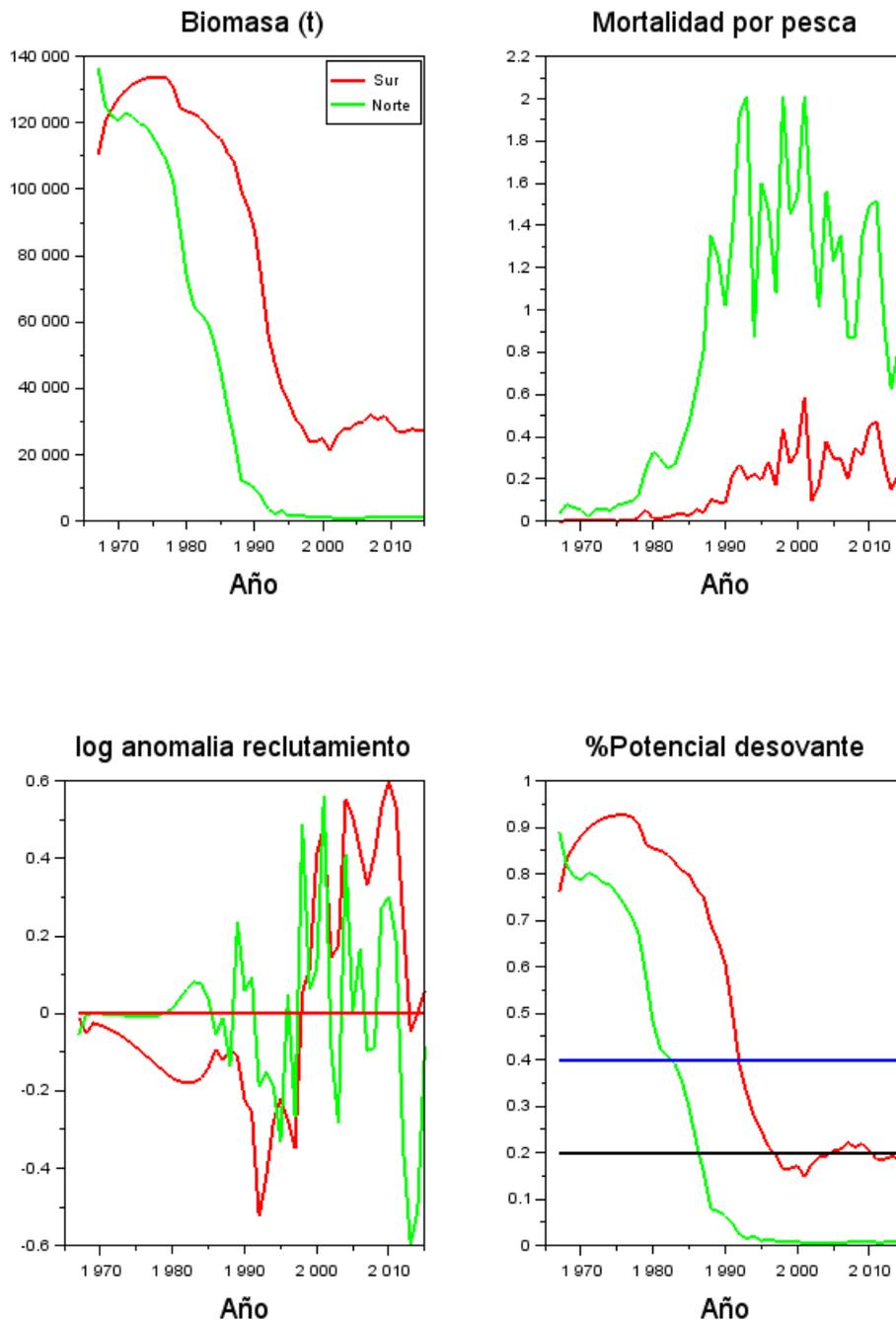


Figura 75. Biomasa desovante, mortalidad por pesca, reclutamientos y potencial desovante de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Escenario S3.

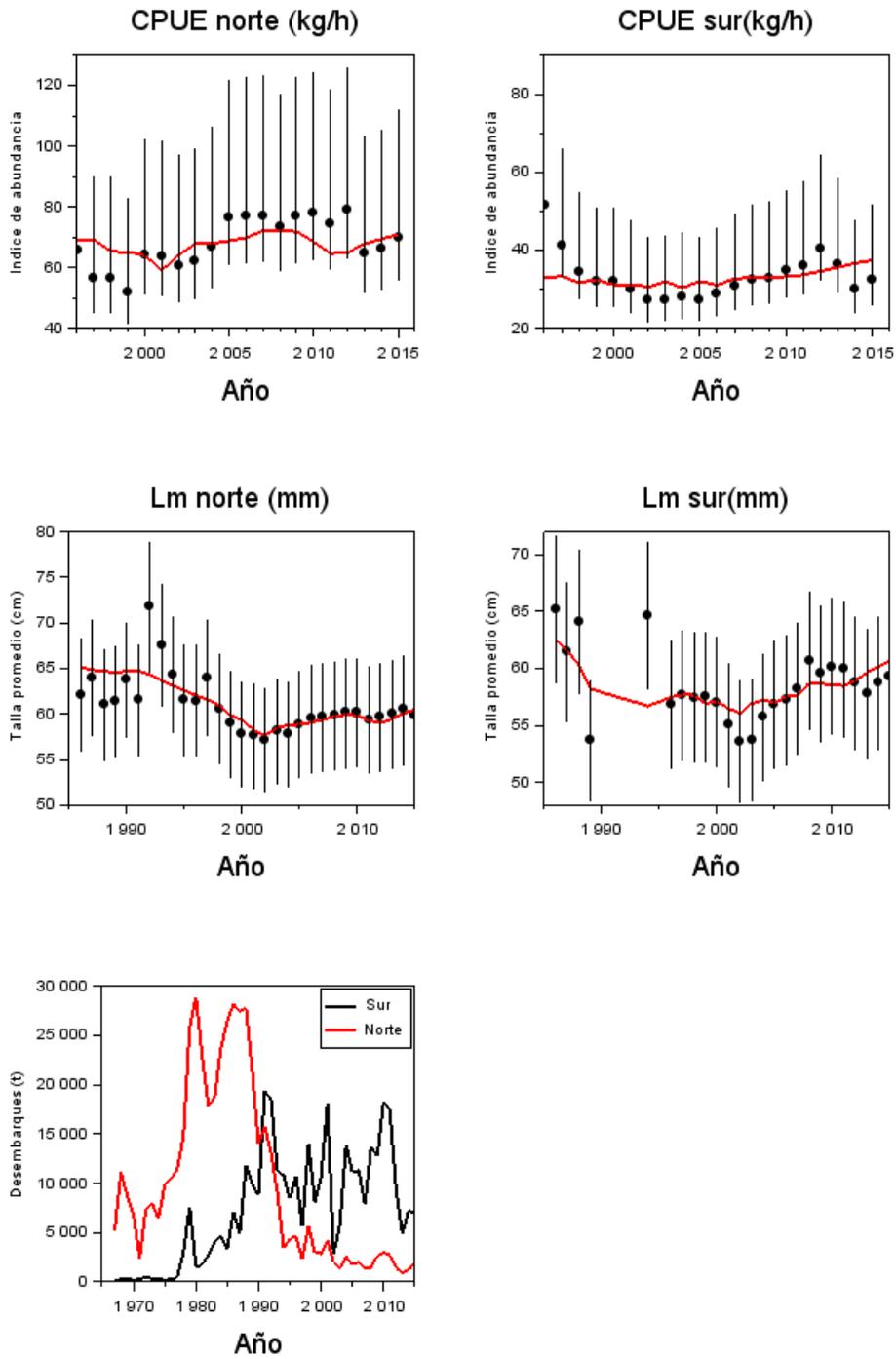


Figura 76. CPUE, talla promedio y desembarques de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Los puntos son los datos y la línea el modelo. Escenario S4.

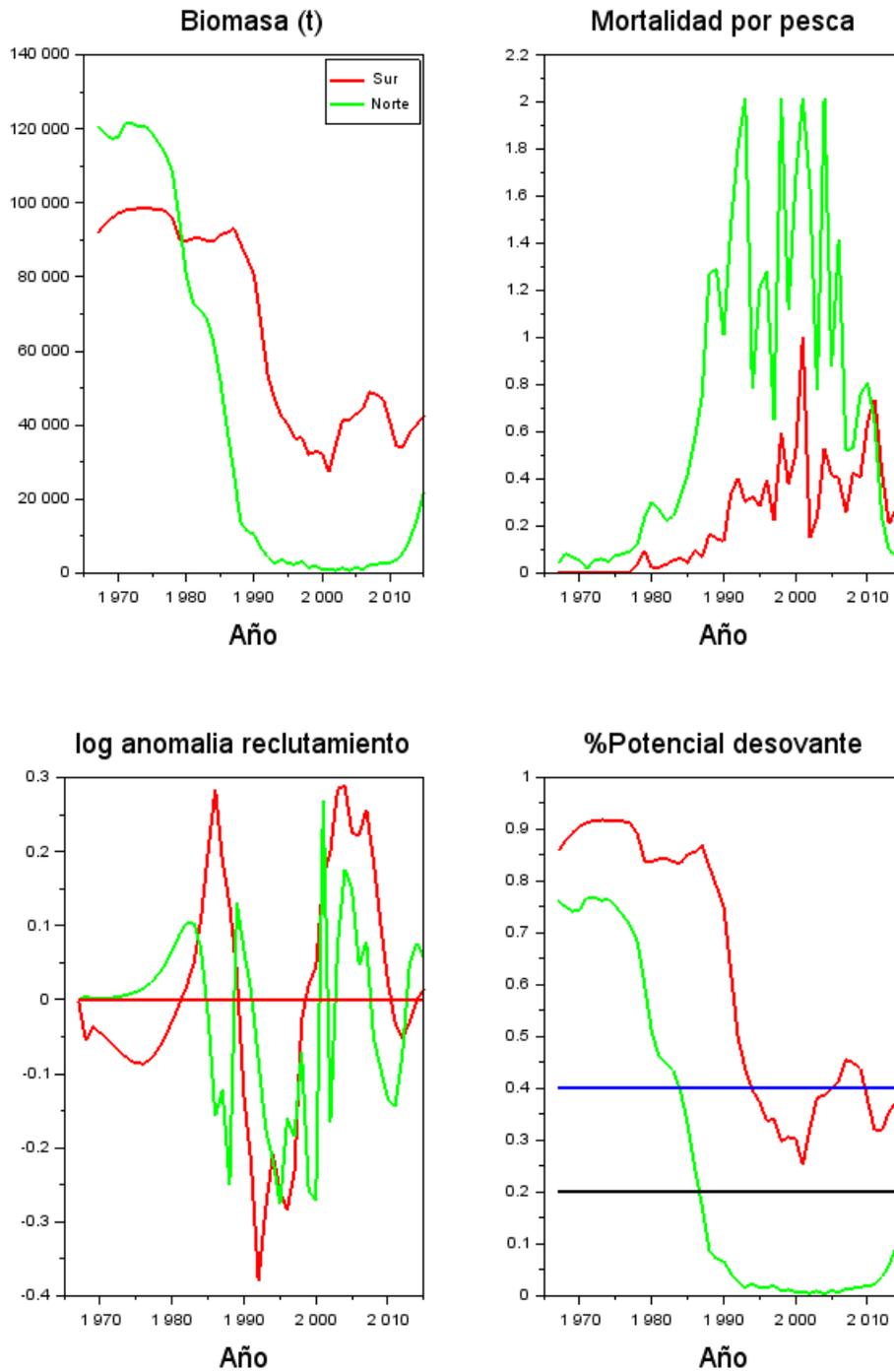


Figura 77. Biomasa desovante, mortalidad por pesca, reclutamientos y potencial desovante de almeja por zona del modelo MODMETAPOP. Escenario S4.

2.3. Ajuste modelo agregado en biomasa dinámica PELLA-TOMLINSON

- **Bahía Ancud**

El modelo Pella-Tomlinson fue ajustado con datos de desembarques desde 2000 hasta 2017 debido a que la inclusión de la serie completa 1976 a 2017 provocaba fallos en el ajuste del modelo. Esto a su vez se debió a los altísimos desembarques registrados entre 1978 y 1992. En cualquier caso, incluir o no toda la serie de desembarques no tiene relevancia para el manejo actual del recurso. El modelo de excedente productivo fue estimado con los datos de biomasa inicial del CatDyn, error estándar de la biomasa inicial del CatDyn, y los desembarques (**Tabla 34**).

Los parámetros del modelo Pella-Tomlinson fueron estimados con buena precisión. El stock presenta una tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) alta, y una simetría de la curva de producción (p) que corresponde a un stock cuya máxima productividad ocurre a biomasa menor que la mitad de la capacidad de carga (K) (**Tabla 36**).

La historia de abundancia y de explotación del stock según el modelo estimado de Pella-Tomlinson se muestra en la **Figura 78**. El stock sufrió sobre-pesca desde 2000 hasta 2008 y probablemente durante mucho tiempo más hacia el pasado, y se mantuvo muy deprimido hasta el 2012. A partir del 2013, debido a los bajos desembarques que comenzaron en 2012, el stock ha iniciado una robusta recuperación hasta el final de la serie de tiempo, y está en una trayectoria que se dirige a alcanzar la biomasa óptima que produce el máximo rendimiento sostenible, pero resulta claro también que el stock aún está lejos del nivel de abundancia que permite una extracción máxima y sustentable.

Para determinar cuándo alcanzará esta biomasa óptima, el stock fue proyectado bajo dos escenarios de desembarques: desembarques estables de 1000 toneladas y desembarques estables de 1200 toneladas. Ambos valores son típicos de los desembarques entre 2008 y 2017. Bajo el primer escenario la biomasa óptima se obtiene en 2024, mientras que bajo el segundo escenario la biomasa óptima se obtiene en 2025. Una vez alcanzada la biomasa óptima (~21 mil toneladas) y de acuerdo con este modelo, los resultados indican que los desembarques pueden ser como máximo 3300 toneladas de manera estable y sustentable.

- **X sur-Quellón**

En esta zona, el modelo Pella-Tomlinson fue ajustado con datos de desembarques desde 1987 hasta 2017, y fue necesario suponer que la biomasa inicial del primer año fue igual a la capacidad de carga pues ajustes con la biomasa del primer año libre no convergieron. Además, fue necesario forzar al modelo a ajustar un valor del parámetro r muy cerca del valor obtenido en Ancud pues de otro modo el modelo no converge a resultados realistas. El modelo de excedente productivo fue estimado con los datos de biomasa inicial del CatDyn, error estándar de la biomasa inicial del CatDyn, y los desembarques (**Tabla 35**). Los parámetros del modelo Pella-Tomlinson fueron estimados con buena precisión. El stock presenta una asimetría de la curva de producción (p) menos pronunciada que en Ancud, pero también con máxima productividad a biomasa menores que la mitad de la capacidad de carga (K) (**Tabla 36**).

La historia de abundancia y de explotación del stock según el modelo estimado de Pella-Tomlinson se muestra en la **Figura 79**. El stock sufrió sobre-pesca desde 1987 hasta 1991 y se mantuvo colapsado entre 1992 y 2003. Los altos desembarques de ese periodo deben haber sido sustentados extrayendo toda la producción de las zonas tradicionales de Quellón y otras zonas más al sur, en la XI Región. Entre 2002 y 2003 los desembarques bajan drásticamente debido a la presencia de marea roja y posiblemente a los esfuerzos de los pescadores por recuperar al stock. Los desembarques se mantienen bajos el 2007 y el stock se recupera a una biomasa superior a la que produce el MSY. Subsecuentemente los desembarques vuelven a ser altos entre 2008 y 2001 y el stock declina drásticamente. Sin embargo, antes de colapsar, los desembarques vuelven a bajar y se mantienen moderados entre 2001 y 2017. Consecuentemente el stock se encontraba en un nivel de biomasa saludable hasta el último año con datos disponibles, 2017.

Considerando los estimados de los parámetros del modelo Pella-Tomlinson en la **Tabla 34** y la historia de abundancia y explotación de la **Figura 79**, se estima que de mantener una extracción anual menor que 10 mil toneladas el stock podría producir excedente de manera sostenible.

Tabla 34. Datos de entrada y resultados de la estimación de biomazas por parte de CatDyn y del modelo de excedente productivo Pella-Tomlinson, stock de almeja en la Bahía de Ancud. PM: peso medio. BIA: Biomasa inicial anual. SE: error estándar

Año	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Capturas (ton)	403	2620	8114	11591	10572	10023	9661	10950
Año	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Capturas (ton)	14127	16150	21325	20187	18996	18115	10507	12153
Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Capturas (ton)	8260	3714	1914	3054	4359	1954	7548	1632

Año	CatDyn						Pella-Tomlinson		Capturas (ton)
	PM (kg)	SE(PM) (kg)	N0 (millones)	SE(N0) (millones)	BIA (ton)	SE(BIA) (ton)	BIA (ton)	SE(BIA) (ton)	
2000	0.11035	0.02786	67114	11292.8	7405.7	2247.1	9849.1	1372.8	1171
2001	0.06533	0.02329	269317	103180.0	17594.2	9207.1	11367	1227.4	6042
2002	0.05831	0.02547	82639	47049.0	4818.6	3457.9	8178.7	1019.7	1772
2003	0.07754	0.03749	64929	10278.0	5034.6	2561.3	8870.5	895.45	1791
2004	0.06626	0.02598	324890	13881.3	21528.7	8490.5	9642.6	734.64	7806
2005	0.07379	0.02864	272161	100019.6	20081.8	10733.6	4500.3	550.87	980
2006	0.10936	0.03277	306508	29175.0	33519.9	10537.6	5276.3	479.66	4485
2007	0.05293	0.01628	165299	44583.0	8748.9	3579.2	2726.5	369.03	2162
2008	0.05479	0.02063	68204	11354.5	3737.0	1538.6	1826.2	332.05	801
2009	0.09284	0.03526	71794	2957.2	6665.7	2546.0	1973.7	339.15	998
2010	0.05810	0.02194	122821	99709.9	7135.9	6389.1	1979.4	345.9	1150
2011	0.05600	0.01915	106556	7800.8	5966.8	2086.9	1835.1	366.62	976
2012	0.06665	0.02325	29765	7895.9	1983.8	869.5	1811.1	421	224
2013	0.08582	0.02889	31996	1108.5	2746.0	929.3	2529.9	518.17	114
2014	0.07173	0.02408	46132	137908.2	3309.3	9955.0	3613.5	640.7	205
2015	0.08185	0.02954	122245	8216.0	10005.9	3672.7	4934.1	797.59	838
2016	0.07817	0.02628	100945	181360.6	7891.1	14423.4	5954.6	1002.3	946
2017	0.07573	0.02355	80402	9169.6	6089.1	2016.9	7085.8	1271.3	868
2018							8505.5	1602.1	

Tabla 35. Datos de entrada y resultados de la estimación de biomazas por parte de CatDyn y del modelo de excedente productivo Pella-Tomlinson, stock de almeja de X sur-Quellón. PM: peso medio. BIA: Biomasa inicial anual. SE: error estándar.

Año	PM (kg)	SE(PM) (kg)	CatDyn				Pella-Tomlinson		Capturas (ton)
			NO (millones)	SE(NO) (millones)	BIA (ton)	SE(BIA) (ton)	BIA (ton)	SE(BIA) (ton)	
1987							17627.0	1050.1	1451
1988							16176.0	1050.1	9437
1989							9615.4	736.7	6991
1990							12861.0	314.3	6028
1991							14630.0	468.5	17118
1992							2975.5	803.7	15499
1993							500.0	0.0	9554
1994							500.0	0.0	8950
1995							500.0	0.0	8433
1996							500.0	0.0	7285
1997							500.0	0.0	4216
1998							500.0	0.0	7222
1999							500.0	0.0	8594
2000	0.07708	0.00352	607957	507084.4	46859.9	39143.4	500.0	0.0	6065
2001	0.06259	0.00678	544710	157750.8	34095.5	10543.1	500.0	0.0	8151
2002	0.06917	0.00138	524572	51548.4	36536.5	3583.4	500.0	0.0	204
2003	0.06905	0.00122	628467	306385.6	43393.7	21169.0	1761.7	36.6	308
2004	0.07004	0.00992	346266	24091.0	24253.0	3825.7	5908.5	285.0	3413
2005	0.06836	0.00487	345392	43029.3	23611.1	3389.1	12309.0	879.3	1004
2006	0.06586	0.00603	309794	7425.2	20401.5	1929.7	19690.0	367.0	2334
2007	0.06820	0.00150	572102	188073.2	39017.9	12855.4	12543.0	2704.6	4004
2008	0.06874	0.00820	313756	350008.7	21567.4	24196.7	16684.0	279.2	8438
2009	0.08322	0.00589	393158	19576.8	32716.8	2831.4	10165.0	1559.2	9476
2010	0.08697	0.00669	438168	121519.2	38106.5	10967.4	10688.0	709.6	14810
2011	0.08492	0.00854	398776	35500.4	33865.9	4547.7	5582.5	285.9	13554
2012	0.06926	0.00632	285893	94823.2	19801.5	6812.0	1623.6	76.8	4413
2013	0.06386	0.00164	191522	48135.4	12231.4	3090.1	1376.9	97.6	1704
2014	0.07193	0.00190	80353	5957.8	5780.1	455.0	3302.9	235.0	2756
2015	0.09471	0.00560	107223	5639.6	10154.7	803.8	7693.2	520.5	4606
2016	0.09556	0.00473	89299	25026.3	8533.5	2428.5	13562.0	721.9	4864
2017	0.08187	0.01067	116604	11498.5	9546.7	1560.0	15652.0	836.8	5949
2018							13513	821.26	

Tabla 36. Estimados de los parámetros del modelo de excedente productivo Pella-Tomlinson de la almeja de la Bahía da Ancud (A) y X sur-Quellón (B).

A)

Parámetro	Estimado	Error estándar	Biomasa (2000) (ton)	Matriz de correlación		
				K (ton)	r (1/año)	p
Biomasa (2000) (ton)	9849	1373	1			
K (ton)	54514	18339	-0.119	1		
r (1/año)	3.243	0.669	-0.445	-0.792	1	
p	1.051	0.003	-0.003	-0.001	-0.268	1
MSY	3259	1858				
B(MSY)	20559	7113				

B)

Parámetro	Estimado	Error estándar	Biomasa (2000) (ton)	Matriz de correlación		
				K (ton)	r (1/año)	p
Biomasa (1987) (ton)	17627	1050	1			
K (ton)	17627	1050	1	1		
r (1/año)	3.245	0.001 ¹	-0.0003	-0.0003	1	
p	1.656	0.077	-0.999	-0.999	-0.001	1
MSY	10504	2518				
B(MSY)	8171	329				

¹ El estimado de r fue forzado a permanecer cerca del valor estimado libremente en la zona de la Bahía de Ancud.

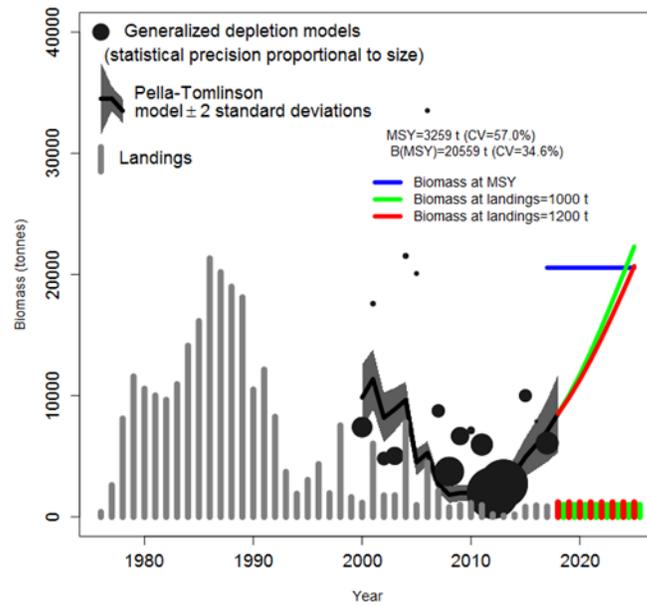


Figura 78. Historia y estado actual de explotación de la almeja de la Bahía de Ancud. Modelo PELLA-TOMLINSON.

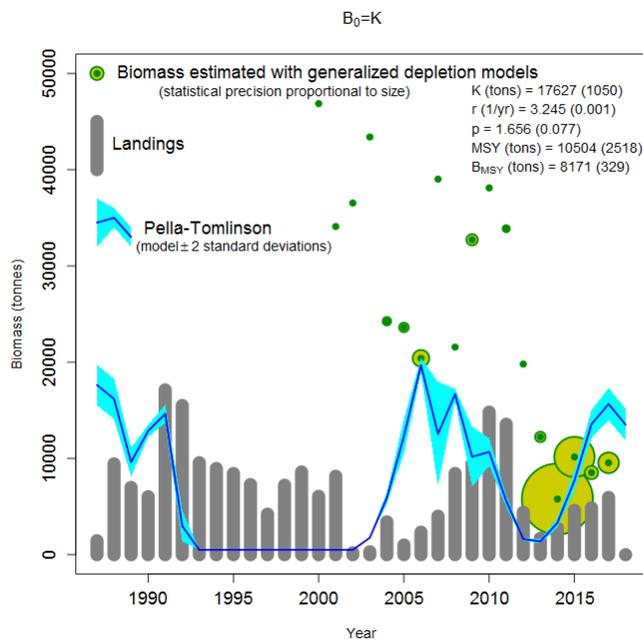


Figura 79. Historia y estado actual de explotación de la almeja de X sur-Quellón. Modelo PELLA-TOMLINSON

9.3 Objetivo específico 3: Definir estrategias de manejo que consideren la estructura espacial de las poblaciones de V. antiqua y las características del esfuerzo pesquero.

9.3.1. Taller con usuarios

En la localidad de Ancud, el día 6 de mayo de 2019 se realizó el primer taller de trabajo del proyecto, donde participaron representantes de SUBPESCA, IFOP, UACH, PUCV, Comité de Manejo de recursos bentónicos de zona común de extracción de la Bahía de Ancud, Sindicato de Pescadores Artesanales Fátima, Quetalmahueu y Caleta Muelle Ancud. El acta de los resultados del taller y la lista de los participantes a la actividad se encuentran en el **Anexo 3** y **Anexo 4**.

El objetivo de la actividad fue identificar tanto los objetivos para el manejo de la pesquería en su conjunto como las reglas operacionales/decisión para que su implementación sea efectiva. Además, se discutieron aspectos relevantes para la definición de estrategias de manejo: (i) indicadores del estado de la población, (ii) tallas promedio o las estimaciones de biomasa derivadas de modelos de evaluación. La estimación de estos indicadores junto a un sistema de calificación Puntos Biológicos de Referencia serán la base de reglas de decisión que en definitiva se traducirán en ajustes de las capturas o esfuerzo de pesca.

La actividad con los usuarios finalizó con la identificación de amenazas que han estado presente en los últimos años en la pesquería de almeja en la zona de estudio. En la **Tabla 37** se muestran los principales resultados del primer taller Técnico con los distintos actores de la pesquería en la Bahía de Ancud. Lo que se destaca en primera instancia es el descontento de la implementación de las Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB), manifestando que los mejores años de la pesquería fueron anterior a estas. En términos de manejo se reconoce un estado de sobreexplotación del recurso producto de mal manejo y malas prácticas. La desorganización entre las distintas caletas aledañas a la Bahía ha sido la principal causante del estado del recurso, dado que existe una alta competencia para vender el recurso al único comprador de la localidad. Concordante con lo anterior, indican que la posibilidad de bajar el esfuerzo pesquero es posible siempre y cuando se suba el precio.

Los usuarios manifiestan las amenazas que han sido expuestos en los últimos años, destacando 4 principalmente: (i) Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (ECMPO), (ii) Marea roja, (iii) Capital social, y (iv) Contaminación ambiental. Los ECMPO es la principal preocupación actualmente, donde indican que la única solución es fortalecer la organización y trabajar en conjunto con el Comité de Manejo. Por otro lado, la marea roja los afecta principalmente en época estival, sin embargo, indican que en los últimos años se encuentran más controlado.

Tabla 37. Resumen de los resultados obtenidos en el primer Taller Técnico.

Hito	Consideraciones
Mejores años de la pesquería	Antes de la implementación de las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB)
Estado actual de almeja en la Bahía de Ancud	En estado de sobreexplotación
Causas del estado actual de la almeja en la Bahía de Ancud	<ol style="list-style-type: none"> 1.Mal manejo por parte de los usuarios de la pesquería. 2.Debilitamiento del capital social (baja organización entre usuarios). 3.Bajo precio del recurso. 4.Comercialización a un comprador.
Esfuerzo pesquero actual	Los niveles de capturas son 5 veces menor por buzo que hace 25 años atrás.
Control del esfuerzo pesquero	Posibilidad de bajar el esfuerzo aproximadamente en un 50% si el precio sube.
Talla mínima legal	Hace 3-4 años las capturas han estado sobre la talla mínima de extracción (55 mm).
Amenazas	<ol style="list-style-type: none"> 1.Marea roja 2.Capital social 3.Contaminación ambiental 4. Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (ECMPO)

9.3.2. Puntos Biológicos de Referencia de Almeja: Bahía Ancud

Se estimaron los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) de almeja considerando la evaluación de stock del modelo base MODBENTO empleado por IFOP. Los PBR correspondieron a valores absolutos de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca que, en el largo plazo, generan el Rendimiento Máximo Sostenido (RMS). El RMS depende del nivel de productividad de la población y está determinado por dos efectos: el grado de densodependencia de la relación stock-recluta, y el valor del reclutamiento de largo plazo. El análisis de los desvíos anuales del reclutamiento mostró un consistente patrón de anomalías negativas a partir del año 1990 (**Figura 80**). Esta evidencia sugiere que tanto el RMS como la biomasa de referencia habrían cambiado en el tiempo, debido a variaciones en la escala de la población expresada en la estimación de la biomasa virginal (B0). Se estima que, con el aparente cambio de régimen, la biomasa virginal y la biomasa de referencia al RMS habrían disminuido a la mitad, razón por la cual los altos niveles de capturas registradas en los años ochenta se explicaron por un régimen de productividad mayor al actual, los cuales en las condiciones actuales no se podrían sostener. El RMS actual de la pesquería en la Bahía Ancud se estima en 2,3 mil toneladas mientras que un proxy como es al 40%B0 se estima en 2,2 mil toneladas (**Figura 81**). La estimación de PBR radica tanto en su utilidad para fines de diagnóstico poblacional como de la implementación de reglas de control de capturas en el marco de una Evaluación de Estrategias de Manejo (MSE).

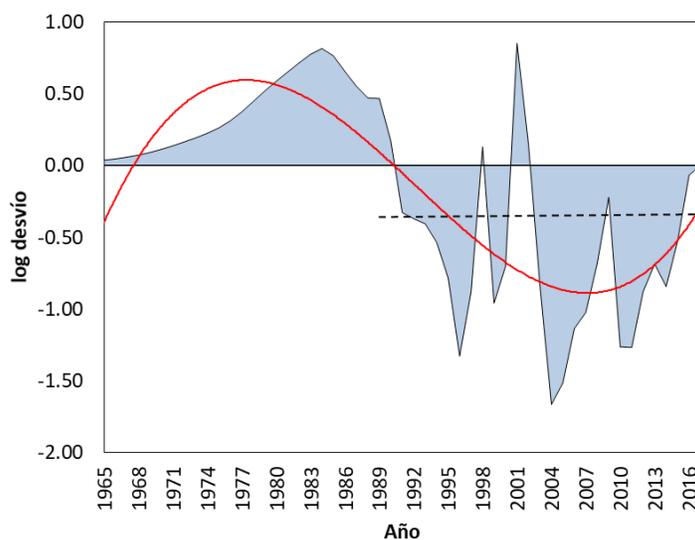


Figura 80. Anomalía del reclutamiento anual de almeja en Bahía Ancud. La línea roja representa la tendencia y la línea negra segmentada la disminución del 50% en la escala de los reclutamientos.

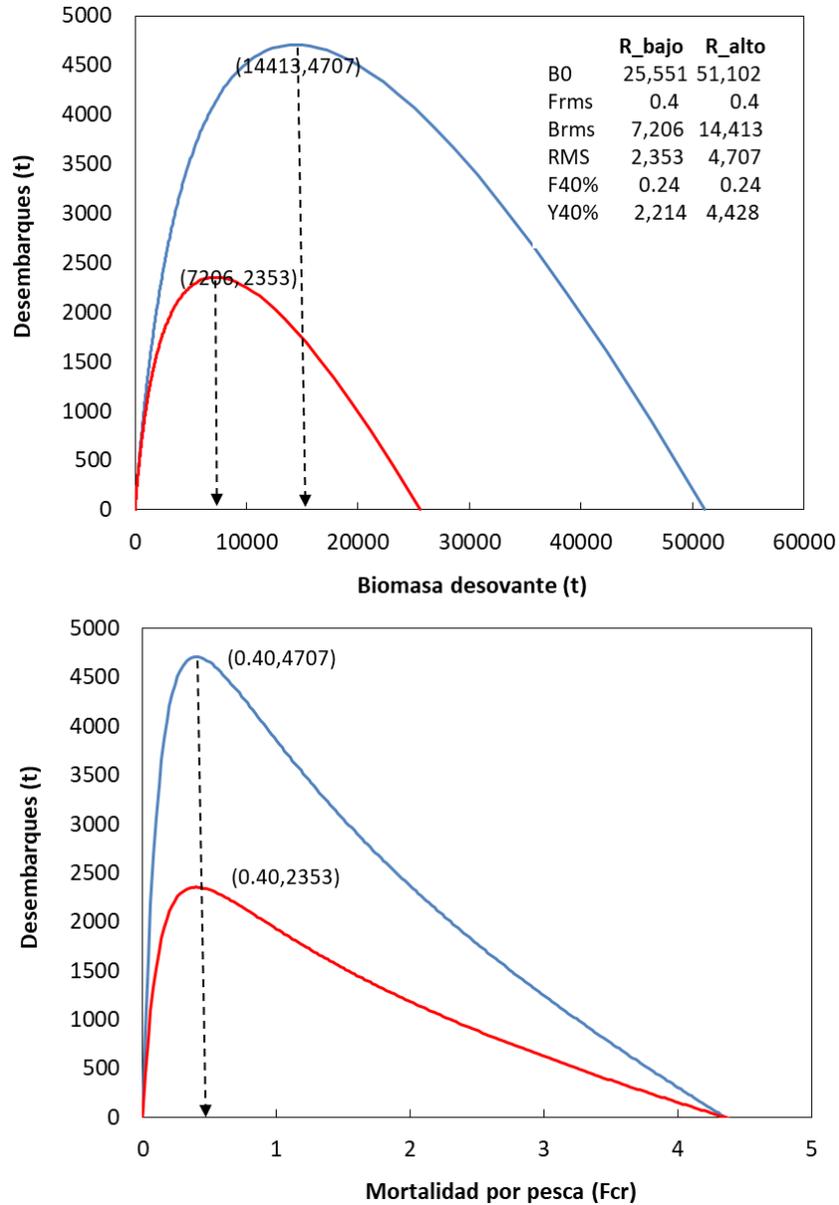


Figura 81. Puntos Biológicos de referencia (PBR), desembarques y biomasa desovante en equilibrio de largo plazo para distintos valores de mortalidad por pesca en la almeja de Bahía Ancud. Entre paréntesis, el par RMS para cada escenario de productividad. La línea azul representa la situación de largo plazo. La línea roja representa la disminución del 50% en la escala de los reclutamientos. En el recuadro se proporcionan puntos de referencia para los dos regímenes

9.3.3. Evaluación de Estrategias de Manejo: Bahía Ancud

La Evaluación de Estrategia de Manejo (EEM) en pesquerías considera la evaluación del desempeño de distintas políticas de explotación en el marco de una realidad virtual. Esta realidad es simulada mediante un Modelo Operativo, el cual imita la dinámica del recurso, la pesquería, el seguimiento, la evaluación de la población y la decisión de manejo, bajo diversas fuentes de incertidumbre incluidas en todos los componentes. En este marco, se someten a evaluación diversas reglas de decisión de capturas y se evalúa su desempeño respecto de distintas variables operacionales que representan, de alguna forma, a todos los sectores de la pesquería.

En este trabajo se consideraron las siguientes variables de desempeño:

- Sesgo en la estimación de biomasa
- Sesgo en la estimación de la mortalidad por pesca
- Sesgo en la estimación de la reducción del potencial reproductivo
- Agotamiento o reducción poblacional
- Riesgo de sobre-explotar el recurso
- Niveles de capturas promedio en el largo plazo
- Variabilidad de las capturas en el largo plazo

9.3.3.1. Modelo Operativo

El Modelo Operativo (MO) y sus códigos en SCILAB se entregan en **Anexo 5**. Este modelo fue formulado en base al modelo de evaluación edad-estructurado empleado por IFOP que está codificado en ADMB. Diversas fuentes de incertidumbre fueron consideradas para simular la dinámica poblacional, el seguimiento y la pesquería a 10 años futuro (**Figura 82 y Figura 83**). En aquellas variables estimadas en la evaluación, como son el patrón de explotación de la flota y la capturabilidad, los errores estándar fueron tomados desde el archivo *.std generados en la evaluación de stock original.

El MO fue empleado para replicar 200 realizaciones de la “realidad” proyectada a 10 años en el futuro. En cada realización la población se proyecta conforme la CBA establecida. Dentro de cada año se simula el seguimiento de la pesquería y se generan las composiciones de tallas de las capturas y la CPUE las que, junto a la CBA, ingresan al modelo de evaluación de stock (MES) para generar el diagnóstico y la recomendación de CBA cuando la estimación de la biomasa es estimada para activar una determinada regla de decisión.

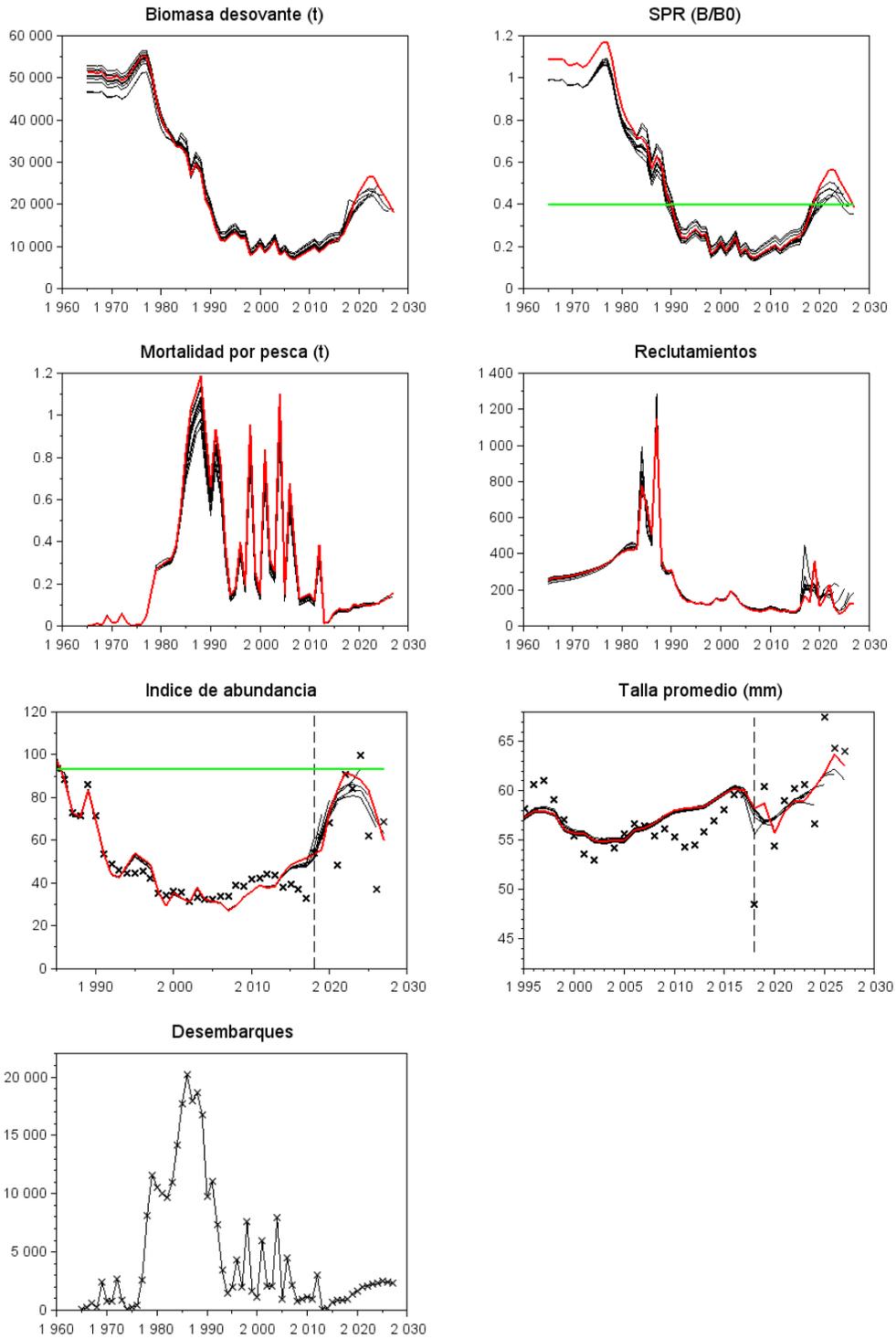


Figura 82. Ejemplo de proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a partir del 2018 considerando mantener el esfuerzo de pesca estimado el 2017. La línea roja representa la “realidad”, la línea verde es el valor de referencia objetivo.

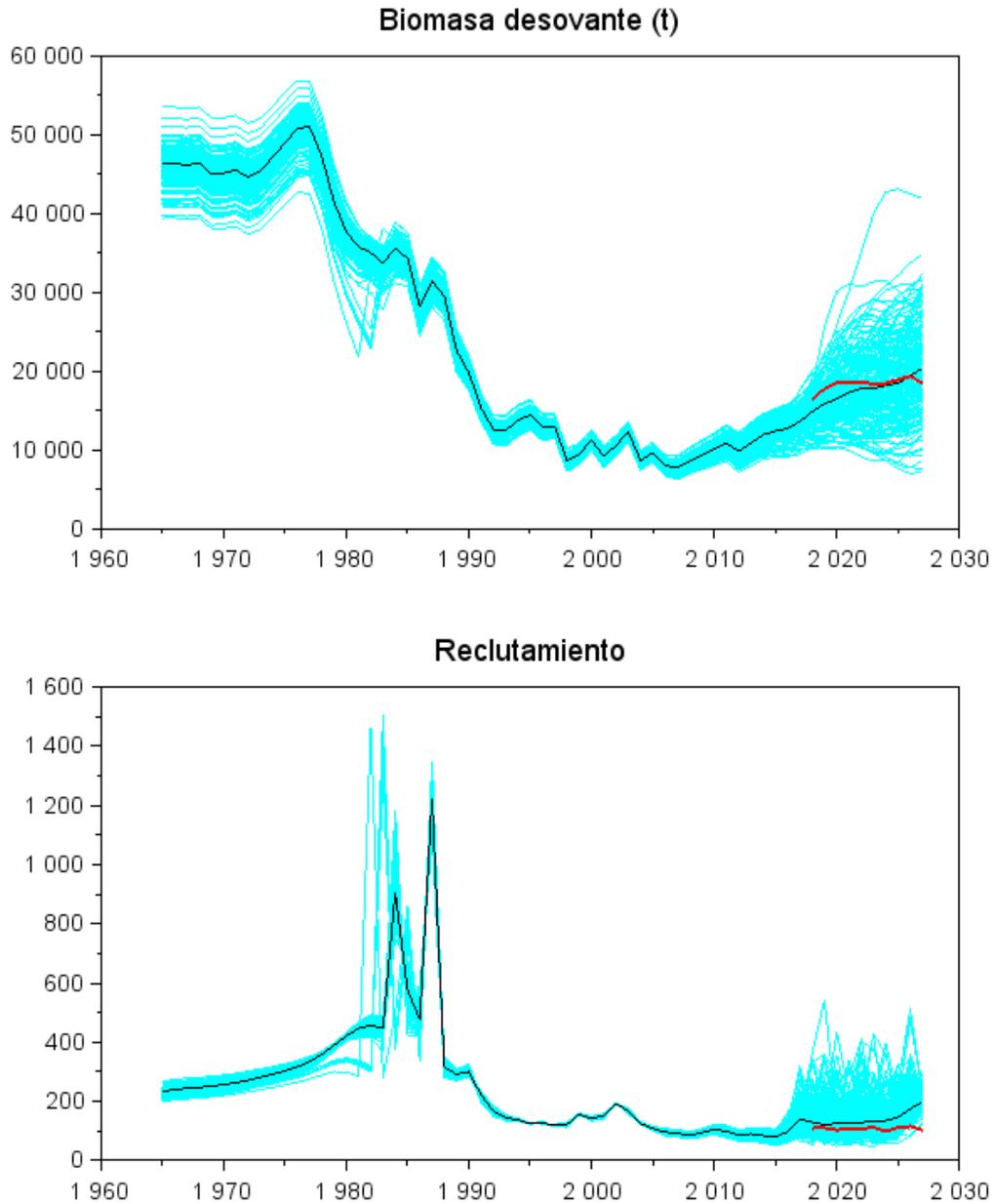


Figura 83. Ejemplo de proyección-estimación de la biomasa y reclutamientos del stock de almeja en Ancud repetida 200 veces considerando mantener el esfuerzo de pesca estimado el 2017. La línea negra representa la mediana y la línea roja la “realidad”

9.3.3.2. Reglas de Control de Capturas (RCC)

La pesquería y población de almeja en la Bahía Ancud fue simulada a 10 años y evaluada en base a 9 reglas/ estrategias de explotación (Reglas ejemplificadas en la **Figura 84**):

a. Regla de Control de Captura: Esfuerzo status quo constante (RCC1.1; RCC1.2)

Supone que el nivel de esfuerzo de pesca se mantendrá en el largo plazo (RCC1.1) y de manera complementaria, se evalúa un escenario de incremento del 50% (RCC1.2). Cada año proyectado se simulan datos y se realiza una evaluación de stock para fines de diagnóstico y se registra el valor de la Captura Biológicamente Aceptable (CBA). La CBA de cada año se calcula con la mortalidad por pesca del año anterior.

b. Regla de Control de Captura: Capturas constante (RCC2.1; RCC2.2)

Aplica un nivel de captura constante de 1500 t (RCC2.1) y otro escenario de 3000 t (RCC2.2). En cada año se emplea el modelo de evaluación de stock como estimador de la biomasa y diagnóstico.

c. Regla de Control de Captura: Rampla basada en CPUE (RCC3.1; RCC3.2)

Se supuso que, ante ausencia de evaluación de stock, la CPUE promedio de los últimos dos años es informativa respecto de la condición del recurso la cual se va actualizando anualmente en el horizonte de simulación. La CPUE de referencia equivale al 40% de la CPUE que se habría obtenido al inicio de la pesquería, la cual es obtenida desde el modelo de evaluación. Si la CPUE promedio se encuentra por debajo del 40% de $CPUE_0 (=CPUE_{obj})$ entonces la captura equivalente al Rendimiento Máximo Sostenido (supuesto) se reduce en la proporción $r = CPUE / CPUE_{obj}$, de lo contrario se fija como captura constante. Se probaron dos niveles de captura: 1500 t (RCC3.1) y 3000 t (RCC3.2)

d. Regla de Control de Captura: CBA proporcional a la CPUE (RCC4.1; RCC4.2)

Similar a la regla anterior, pero sin restricción de capturas. Esto significa que la captura CBA siempre variará en torno a un valor constante siguiendo el cociente entre la CPUE promedio y CPUE objetivo. Se probaron dos niveles de capturas de referencia: 1500 t (RCC4.1) y 3000 t (RCC4.2). En cada año se emplea el modelo de evaluación de stock como estimador de la biomasa y diagnóstico.

e. Regla de Control de Captura: Rampla basada en la evaluación de stock (RCC5)

Regla dependiente de la evaluación de stock en la cual la captura se actualiza conforme el valor del RPD (Razón de Potencial Desovante). Como biomasa desovante objetivo se consideró el 40%B0 y el RMS se fijó en 2000 t. En cada año se emplea el modelo de evaluación de stock como estimador de la biomasa y diagnóstico.

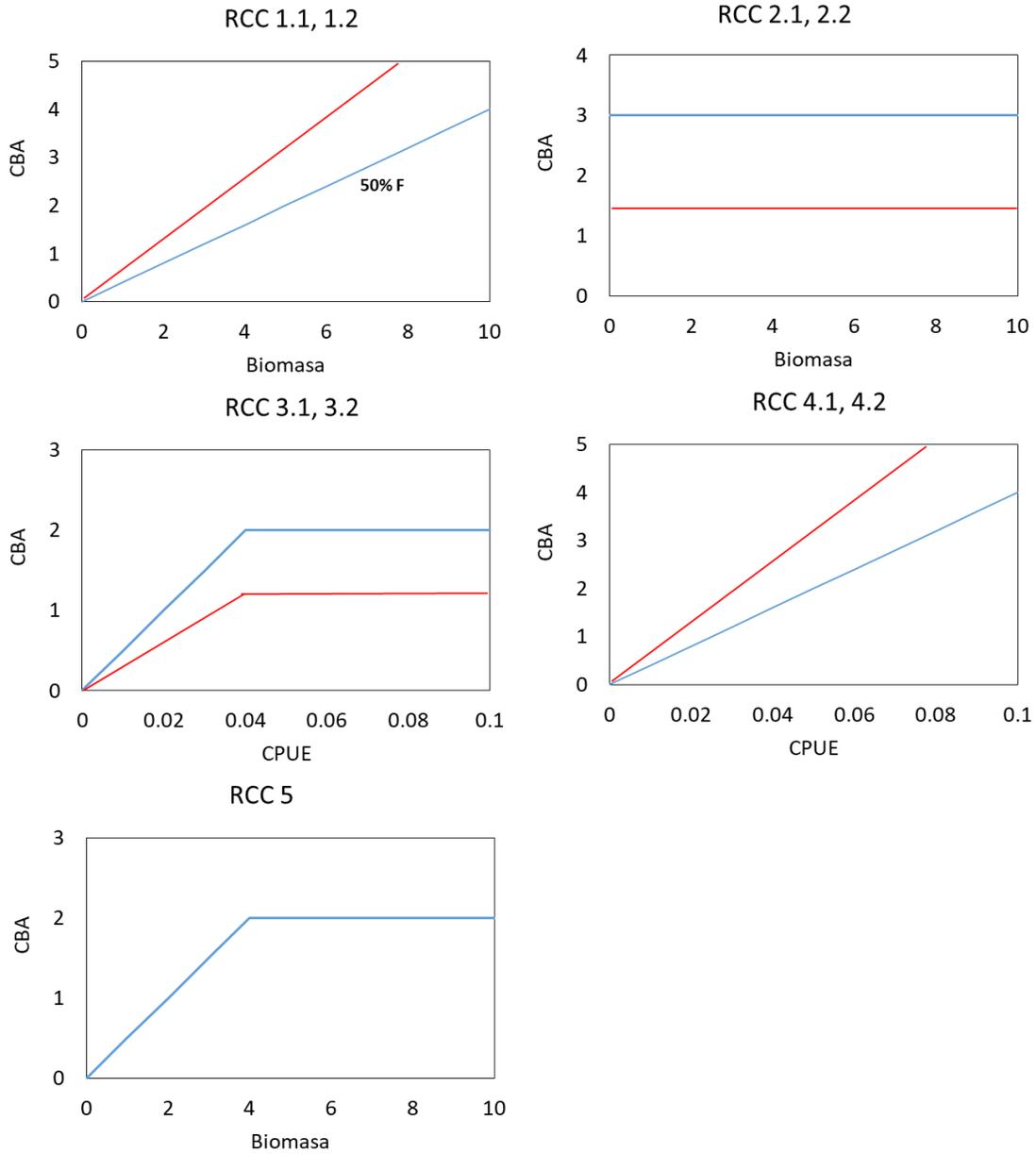


Figura 84. Esquema de las reglas de control de capturas (RCC) evaluadas para la pesquería de Almejas en la bahía de Ancud. La RCC1 supone dos escenarios de mortalidad por pesca constante y capturas variables conforme la biomasa estimada en la evaluación de stock; RCC2 evalúa el desempeño de dos niveles de captura constante; RCC3 son reglas tipo rampla basadas en la CPUE con dos valores de captura constante; RCC4 supone dos escenarios de mortalidad por pesca constante y capturas variables conforme la CPUE observada; RCC5 es una regla de captura tipo rampa en función de la biomasa estimada en la evaluación de stock.

Las reglas RCC1 y RCC2 consideraron la estimación de la biomasa a partir del modelo de evaluación de stock y se incluyen medidas de sesgo de la biomasa, mortalidad y reclutamiento. La primera regla (RCC1.1), con el nivel de esfuerzo de pesca actual genera la recuperación de la población, lo cual es percibido de manera adecuada por el modelo de evaluación de stock (MES). Sin embargo y pese a que la mortalidad por pesca es supuesta igual a la del año anterior, en términos empíricos experimenta un leve crecimiento (**Figura 85**), no obstante, la sub-estimación de la biomasa y la mortalidad por pesca por el modelo de evaluación de stock (**Figura 86**). Como resultado neto, el desembarque efectivo incrementa de manera más acelerada que la biomasa poblacional y por ende la mortalidad incrementa. Si el esfuerzo de pesca fuese duplicado (RCC1.2), el incremento inicial de la CBA generaría un aumento desmedido en la mortalidad por pesca, determinando el agotamiento de la población en el horizonte de evaluación. En esta regla el modelo de evaluación sub-estima el valor de la biomasa y sobre-estima el valor de la mortalidad por pesca (**Figura 86**). De manera similar, la regla de captura constante (RCC2) muestra que con capturas constantes de 1500 toneladas la población se recupera de manera sostenida y el modelo de evaluación de stock resulta ser un muy buen estimador del diagnóstico poblacional (**Figura 87**).

A diferencia de RCC1.1, la mortalidad por pesca tiene a disminuir debido al incremento de la población. En caso contrario y si la captura fuese incrementada a 3000 toneladas (RCC2.2), la población disminuye de manera sostenida y el modelo subestima de manera persistente la magnitud de la biomasa y sobre-estimando la mortalidad por pesca (**Figura 88**). En este escenario el modelo subestima la población y sobre-estima la mortalidad por pesca de manera persistente.

Por su parte, las reglas RCC3 y RCC4 son independientes de la evaluación de stock y las variaciones en las capturas dependen solo de la CPUE. En RCC3 la CPUE de referencia se consideró como el 40% de la CPUE estimada bajo condiciones virginales ($CPUE_0=232$ kg/h), valor por sobre el cual la captura se supuso constante en dos niveles. Los resultados muestran que con capturas máximas de 1500 toneladas (proxy del RMS), la población logra recuperarse, causando que la mortalidad por pesca tienda a disminuir en los dos primeros años y las capturas puedan mantenerse con baja variación en torno al valor de referencia (**Figura 89 y Figura 90**). Del mismo modo, si el proxy del RMS aumenta a 3000 toneladas, la población tendría un leve crecimiento, sin lograr una recuperación sustantiva y las capturas podrían llegar como mucho a 2000 toneladas con mayor variabilidad. Esto significa que capturas máximas de 3000 toneladas no son sostenibles.

Por su parte, en la regla RCC5 se considera una rampa con pivote en la biomasa al 40% percibida en la evaluación de stock y capturas equivalentes al RMS estimado (2000 t). Esta regla generaría la recuperación de la población con muy poca variabilidad de las capturas excepto para los últimos años de la proyección. Esta regla generaría la disminución de la mortalidad por pesca para los últimos años (**Figura 91**). En esta regla y al igual que la regla RCC2.2, el modelo subestima la magnitud de la biomasa, y la mortalidad por pesca en general presenta muy bajo nivel de sesgo, excepto para los últimos años donde es levemente subestimada (**Figura 92**).

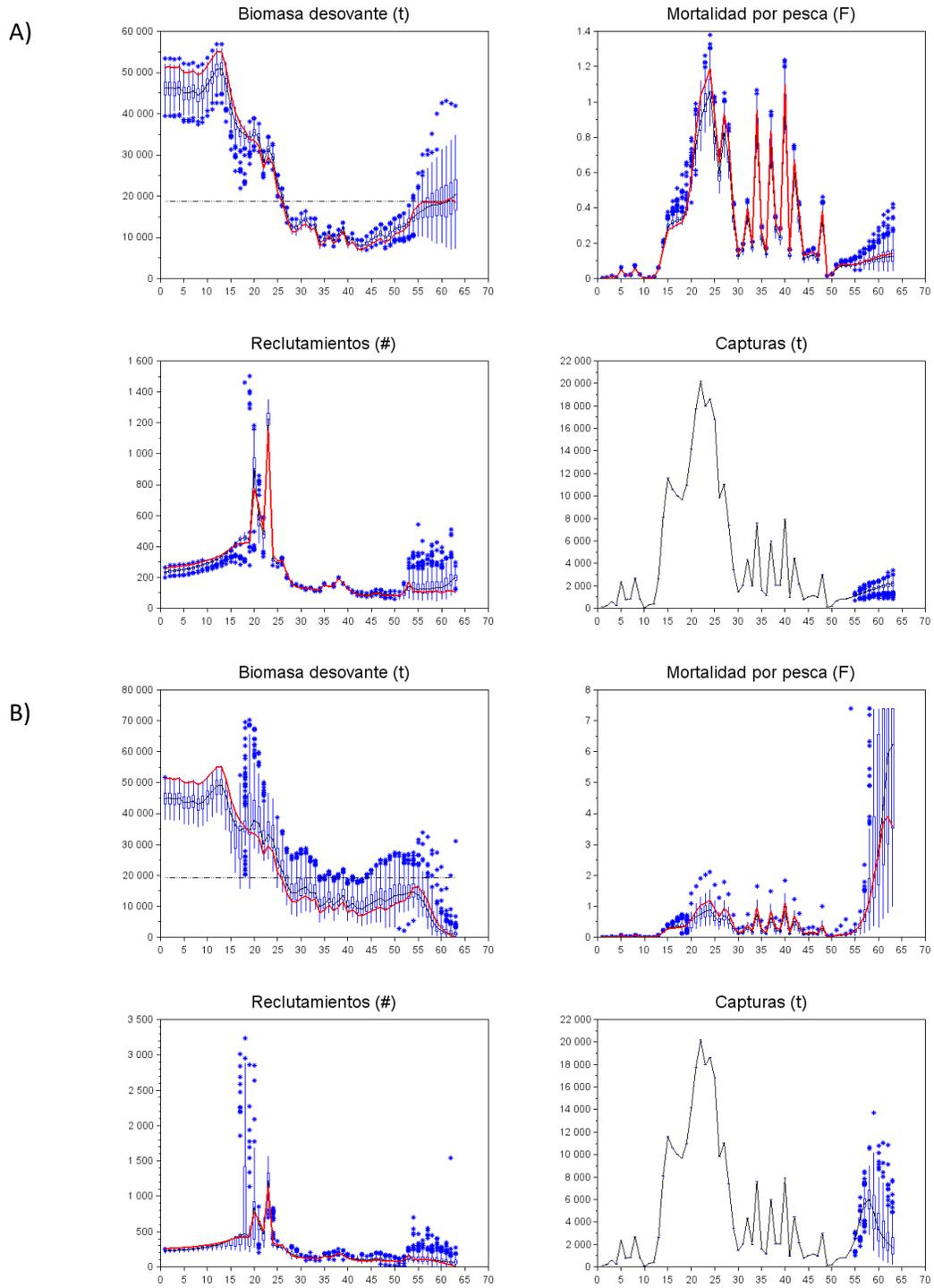


Figura 85. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control **RCC1**. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia. A) esfuerzo de pesca constante. B) esfuerzo de pesca aumentado en 50%.

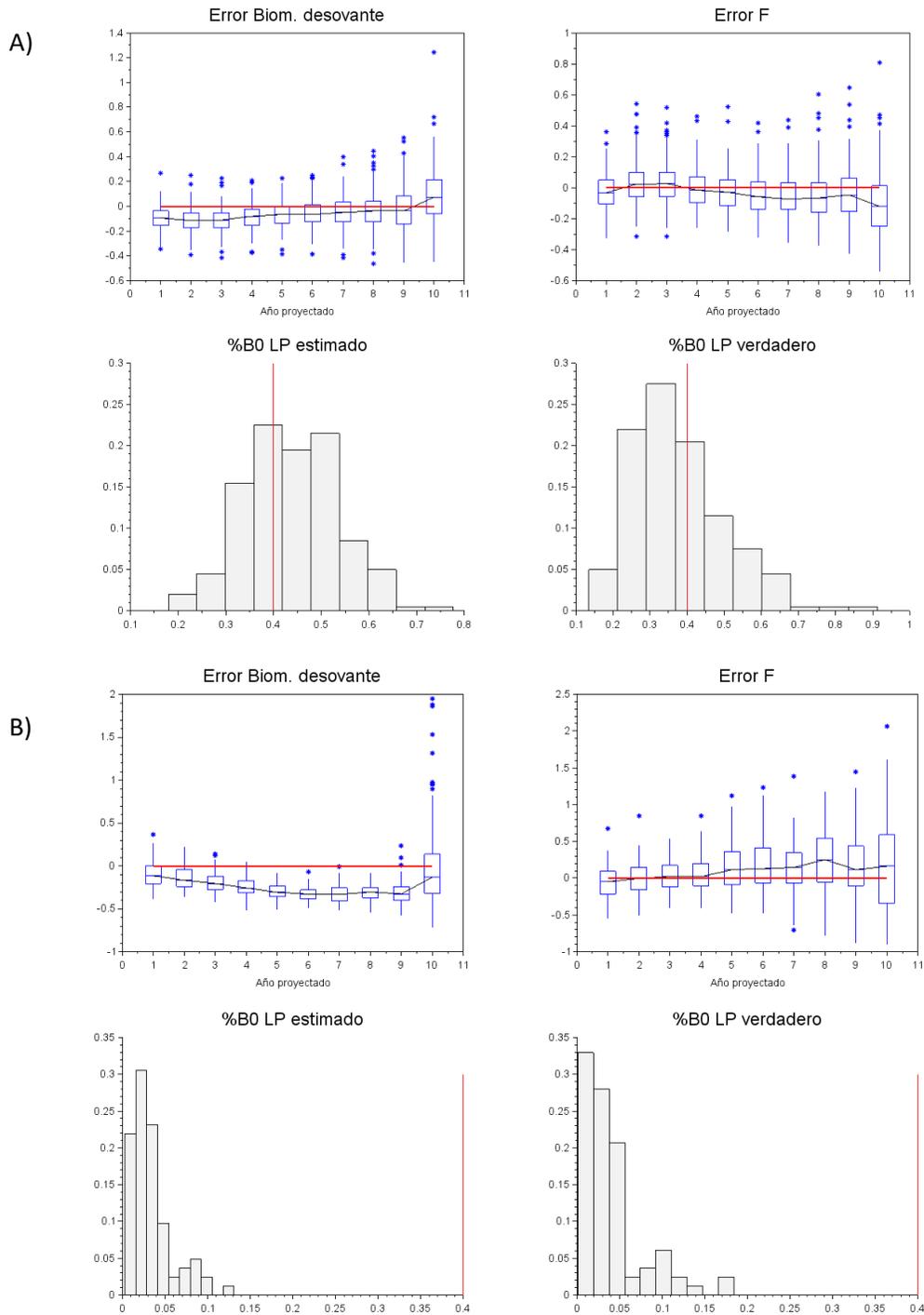


Figura 86. Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca proyectada en 10 años RCC1. Almeja Bahía Ancud. A) esfuerzo de pesca constante. B) esfuerzo de pesca aumentado en 50%.

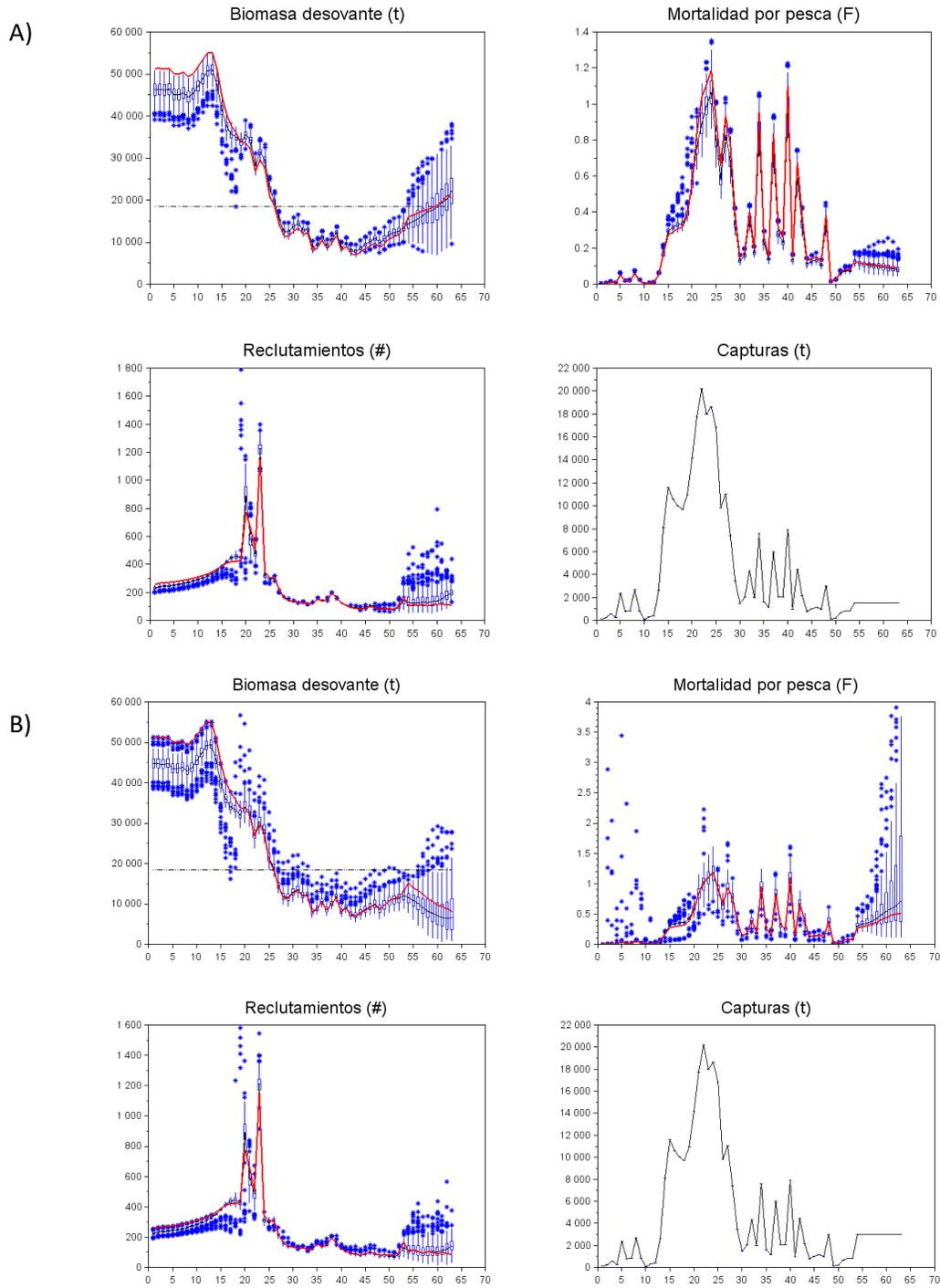


Figura 87. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control RCC2. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia. A) Captura constante 1500 t. B) Captura constante 3000

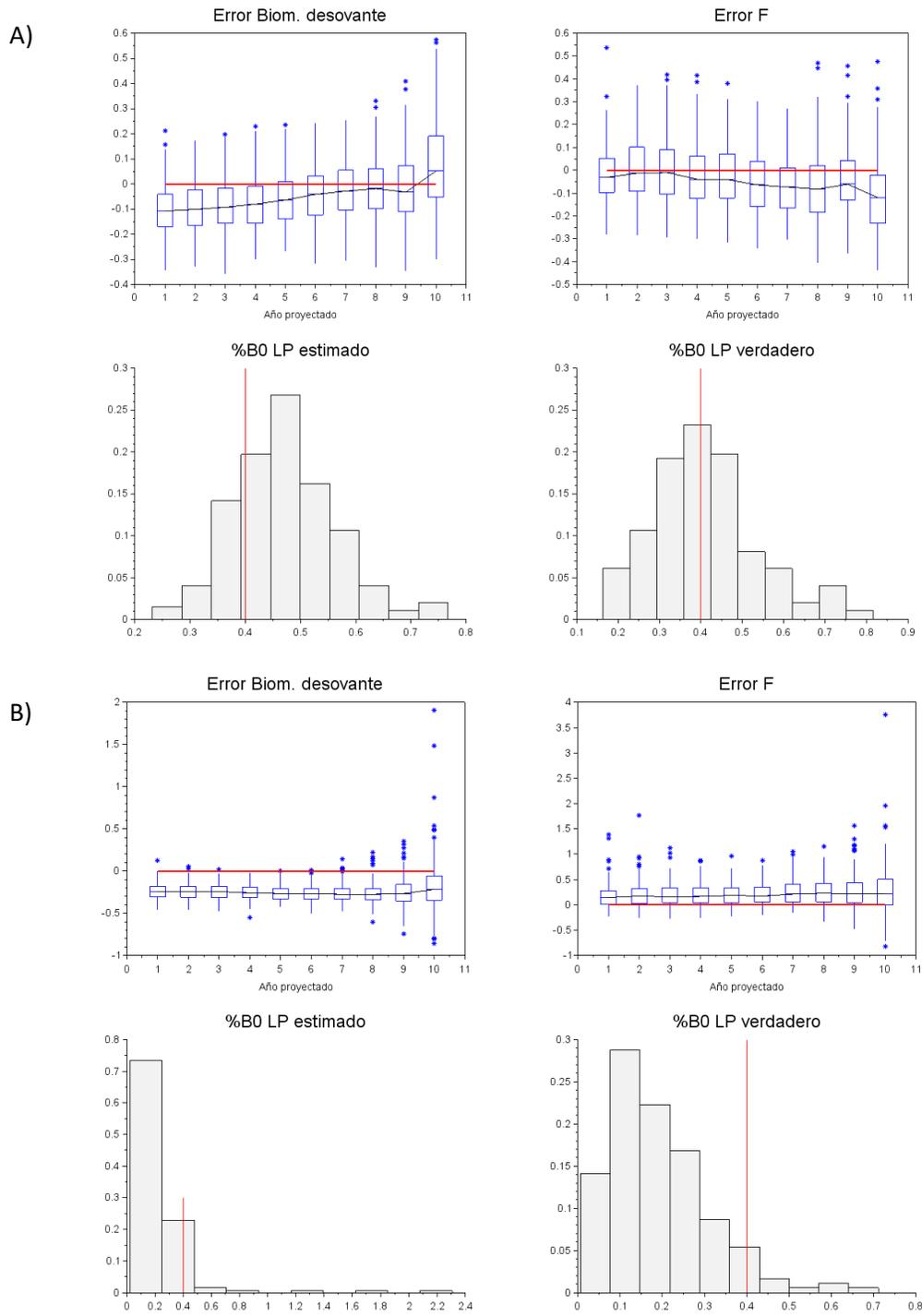


Figura 88. Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca proyectada en 10 años RCC2. Almeja Bahía Ancud. A) Captura constante 1500 t. B) Captura constante 3000 t

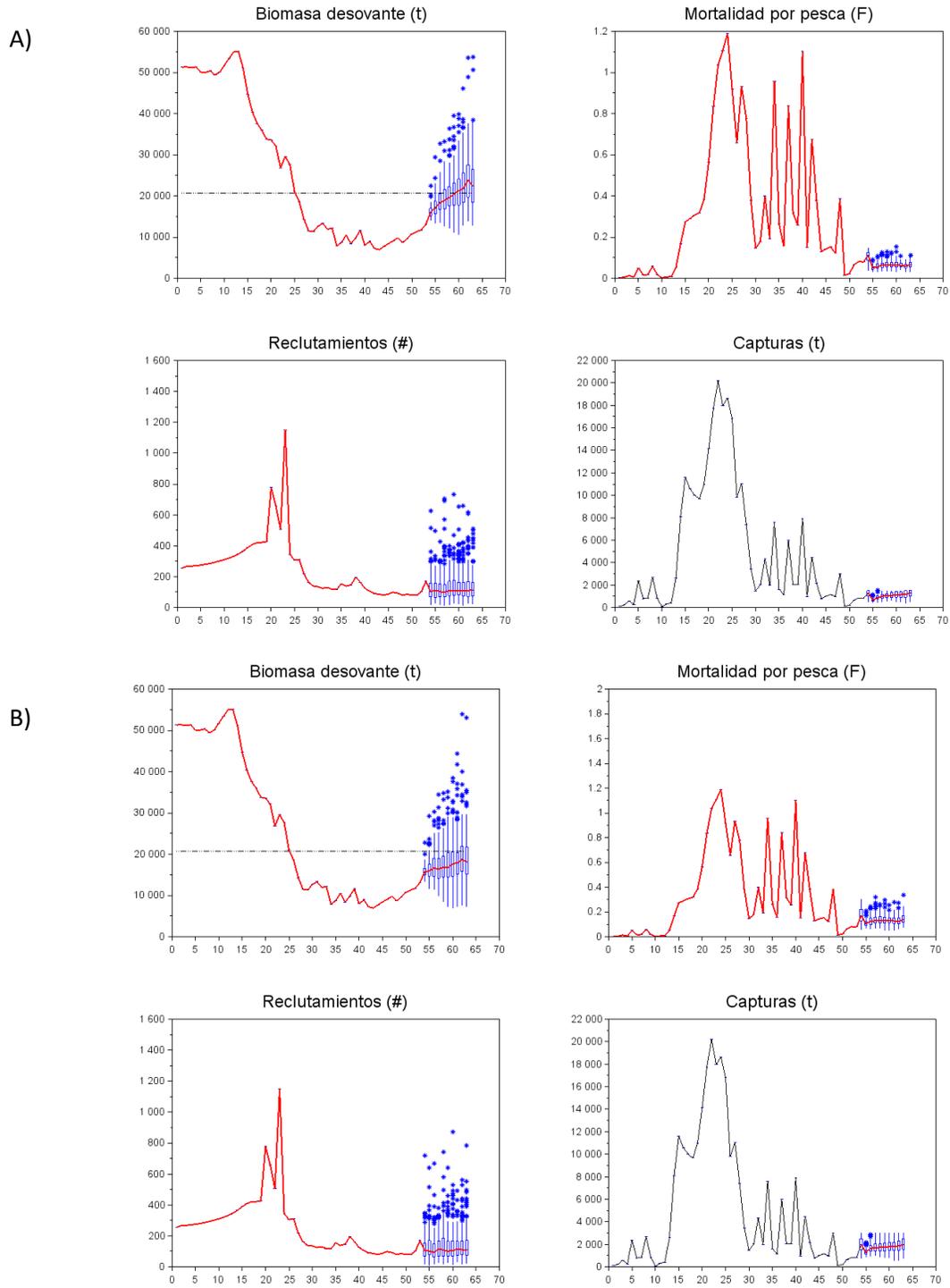


Figura 89. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control **RCC3**. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia. A) Captura constante 1500 t. B) Captura constante 3000 t

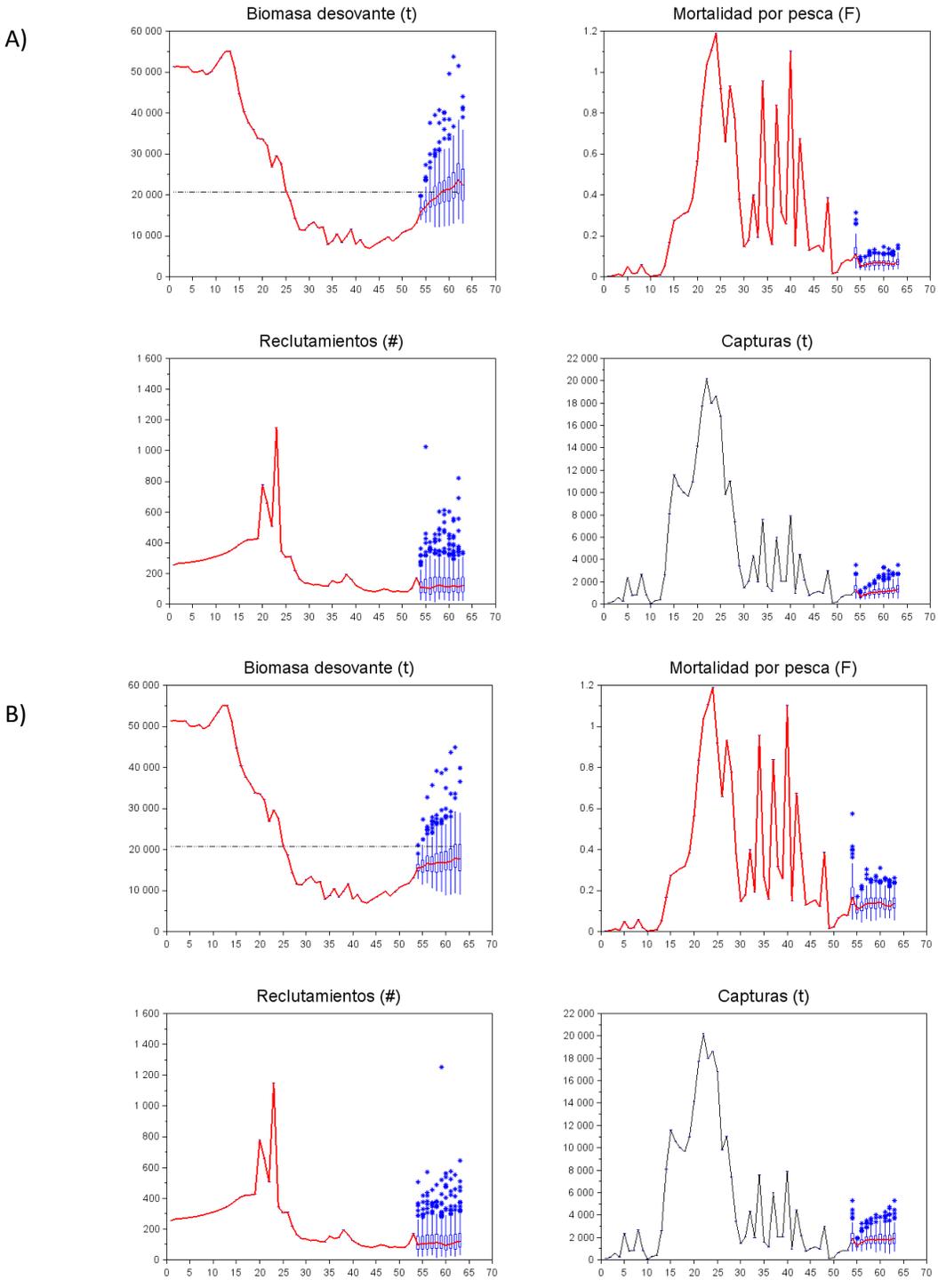


Figura 90. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control **RCC4**. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia. A) Captura constante 1500 t. B) Captura constante 3000 t

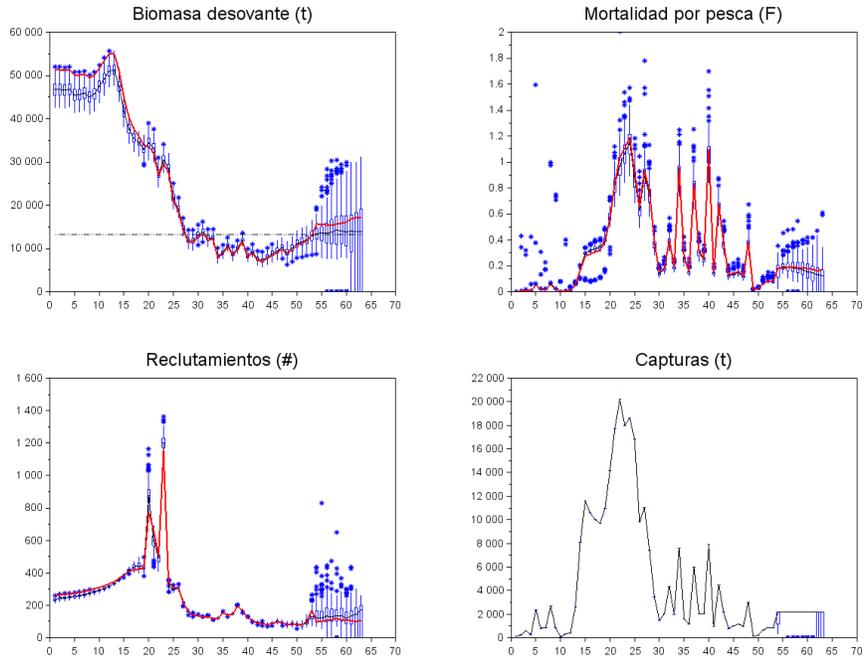


Figura 91. Box-plot de la proyección-estimación del stock y la pesquería de almeja en Ancud a 10 años con la regla de decisión/control **RCC5**. La línea roja representa la “realidad”, la línea horizontal segmentada es el valor de referencia.

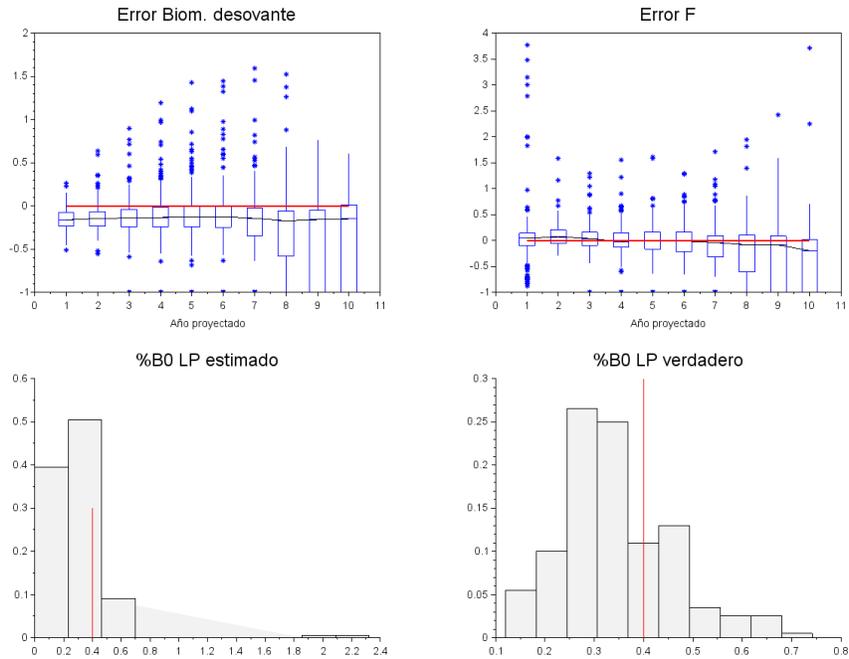


Figura 92. Error relativo de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca proyectada en 10 años **RCC5**. Almeja Bahía Ancud.

Una forma de resumir los resultados es evaluar las reglas frente a distintas variables de desempeño. En este trabajo se consideraron 7 variables principales. Las reglas de control presentadas en la **Figura 93** exhiben comportamientos similares entre reglas, y en general con poca diferencia (máximo del 15%) en las mayorías de las variables consideradas. Tal caso se presenta con las reglas RCC1.1 y RCC2.1, las cuales muestran los menores niveles de sesgo MRE y mayores niveles de precisión MARE a la hora de estimar el valor de biomasa (B), mortalidad por pesca (F) y razón de potencial desovante (RPD). Particularmente, en las estimaciones de biomasa y mortalidad por pesca, sus valores de sesgo estuvieron por debajo del 10% (**Tabla 38**), mientras que en la estimación de la RPD su valor fue menor al 22% (MRE igual a 0.211 y 0.206 respectivamente). En general, los problemas de sesgo son menos relevantes si una regla permite lograr los objetivos fundamentales, tanto desde la perspectiva de la población (conservación y riesgo) como de la pesquería (capturas y su estabilidad).

Por otro lado, las reglas RCC3.1 y RCC4.1 presentaron una mayor RPD real, generando que la probabilidad de encontrar el stock de almeja sobre-explotado y por debajo de 40% de la biomasa virginal sea baja en comparación a la de otras reglas (0.370 para ambos casos). Es importante destacar que las reglas mencionadas anteriormente se basaron exclusivamente en la variación de la CPUE, en la cual la estimación del RPD correspondió a la razón $CPUE/(0.4 CPUE_0)$. No obstante, con estas reglas se tiende a sub-estimar el valor del RPD verdadero y sobre-estimar el riesgo de sobre-explotación de la población. Del mismo modo, y aunque la RCC5 tiene sesgo de casi 30% en las estimaciones de la biomasa, el riesgo de sobre-explotación es alto y similar que RC4.2. Si bien con RCC5 se obtienen capturas en promedio de 1800 toneladas, la población presentaría riesgos mayores al 60% de caer en sobre-explotación.

Desde la perspectiva de la conservación, las reglas que se aproximan de mejor forma al objetivo de conservación ($RPD \sim 0.4$) con máximas capturas son RC2.1, RC3.1 y RC4.1. Dentro de estas, la de mejor desempeño para la pesquería (máximas capturas) es la regla RC2.1 con capturas constantes de 1500 toneladas.

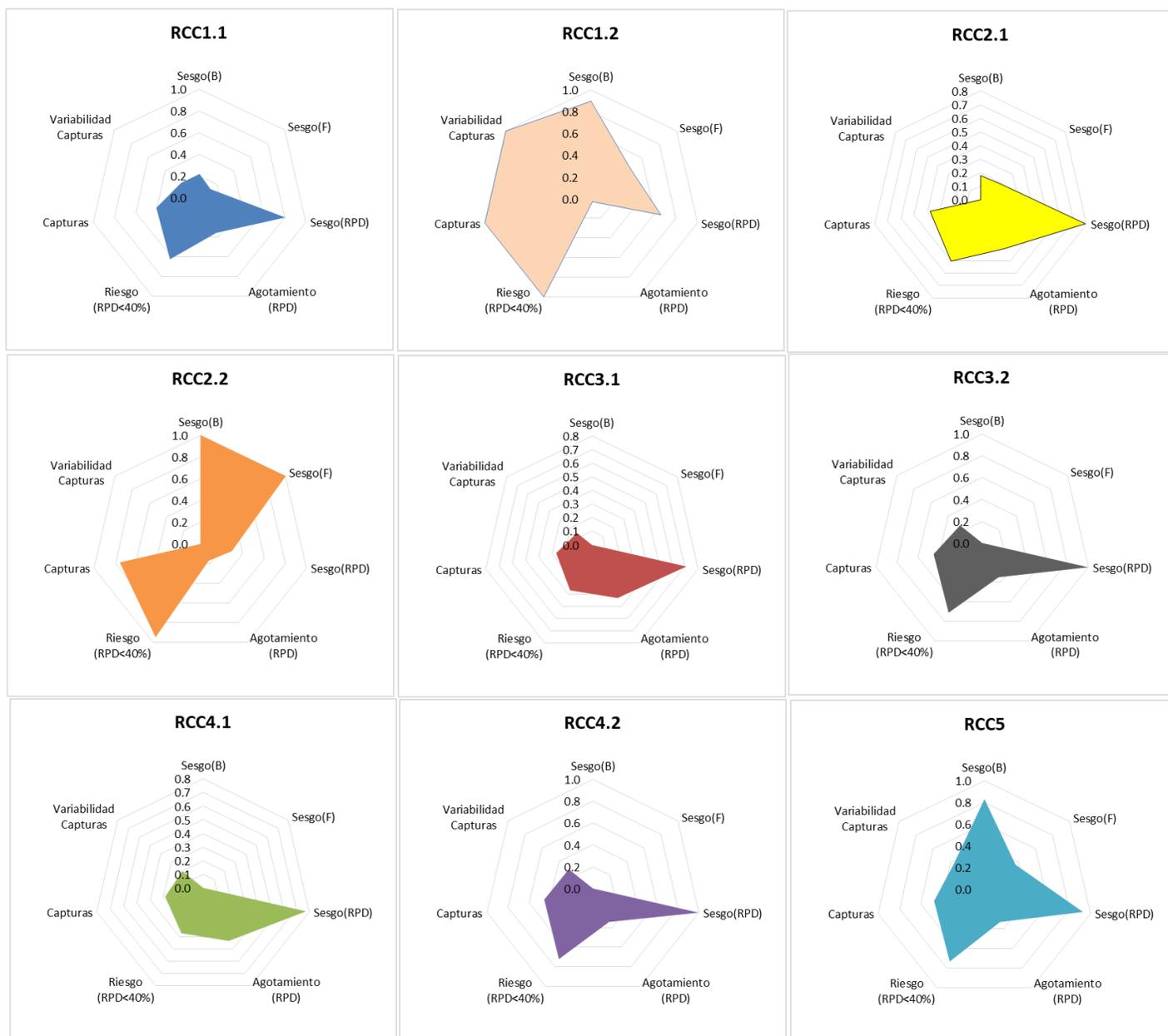


Figura 93. Diagrama de radar del desempeño de 9 reglas de control de capturas de almejas en Bahía Ancud respecto de 7 variables de desempeño del manejo pesquero.

Tabla 38. Estadígrafos de las distintas reglas de control de capturas (RCC) evaluadas para almeja de la bahía Ancud. MRE: sesgo; MARE: precisión; B: Biomasa; p: probabilidad; D.S: Desviación estándar. Las reglas RCC3.1, RCC3.2, RCC4.1 y RCC4.2 son independientes de la no generan estimación de biomasa (sin evaluación de stock). RPR: Razón de potencial desovante

	RCC1.1	RCC1.2	RCC2.1	RCC2.2	RCC3.1	RCC3.2	RCC4.1	RCC4.2	RCC5
MRE (B)	-0.054	-0.220	-0.044	-0.245	-	-	-	-	-0.203
MARE (B)	0.121	0.273	0.113	0.259	-	-	-	-	0.299
MRE (F)	-0.029	0.102	-0.042	0.222	-	-	-	-	-0.081
MARE (F)	0.118	0.287	0.120	0.259	-	-	-	-	0.312
MRE (RPD)	0.211	0.172	0.206	0.077	-0.186	-0.262	-0.203	-0.261	-0.242
MARE (RPD)	0.258	0.433	0.237	0.338	0.272	0.305	0.262	0.306	0.538
RPD estimado	0.435	0.028	0.472	0.155	0.342	0.249	0.330	0.243	0.307
RPD real	0.356	0.029	0.398	0.171	0.433	0.349	0.433	0.341	0.332
p(RPD<0.4) est.	0.355	1.000	0.207	0.951	0.660	0.870	0.710	0.905	0.740
p(RPD<0.4) real	0.625	1.000	0.500	0.951	0.370	0.710	0.370	0.720	0.735
Desembarque (t)	1606	3948	1500	3000	1064	1804	1133	1811	1871
D.S. (t)	457	2091	0	0	296	542	410	593	762

9.3.4. Evaluación de Estrategias de Manejo: Zona XI Norte

Se describe el comportamiento de las estrategias de manejo empíricas probadas en los modelos de simulación para la pesquería de almeja en la Zona XI norte, condicionados con información extraída de referencias científicas y conocimiento de la pesquería y del recurso. Estas estrategias fueron recogidas desde los talleres realizados con las partes interesadas (stakeholders) así como también desde el conocimiento de la pesquería, comprendiendo un total de 7 estrategias: curE, curE75, matlenlim, matlenlim2, MRnoreal, MRreal y slotlim (con su correspondiente descripción en la **Tabla 39**). Se presentan todas las estrategias propuestas, tengan ellas alto o bajo nivel de cumplimiento del objetivo de manejo pesquero propuesto.

De acuerdo a las evaluaciones simuladas en el proceso, todas las estrategias basadas en la tendencia de la biomasa respecto al objetivo recuperaron la población en el plazo evaluado, ya sean para estrategias empíricas basadas en esfuerzo, tallas, o en cierres de áreas. Sin embargo, existen diferencias entre ellas al momento de evaluar el tiempo de cumplimiento del objetivo. Para slotlim y Mnoreal, se cumple el objetivo a los 4 años de aplicar la estrategia. Esto se puede corroborar en términos de tendencias de la biomasa o de la mortalidad por pesca. (**Figura 94, Figura 95**).

Otra forma de mirar estos resultados es a través del promedio de probabilidades de cumplimiento del objetivo en el plazo de los 10 años de evaluación de estas estrategias. En este caso, las que mejor desempeño tuvieron, fueron las referidas a cierres de áreas y control de esfuerzo. Por otro lado, las que peor desempeño tuvieron, fueron las basadas en tallas como control (**Tabla 39**).

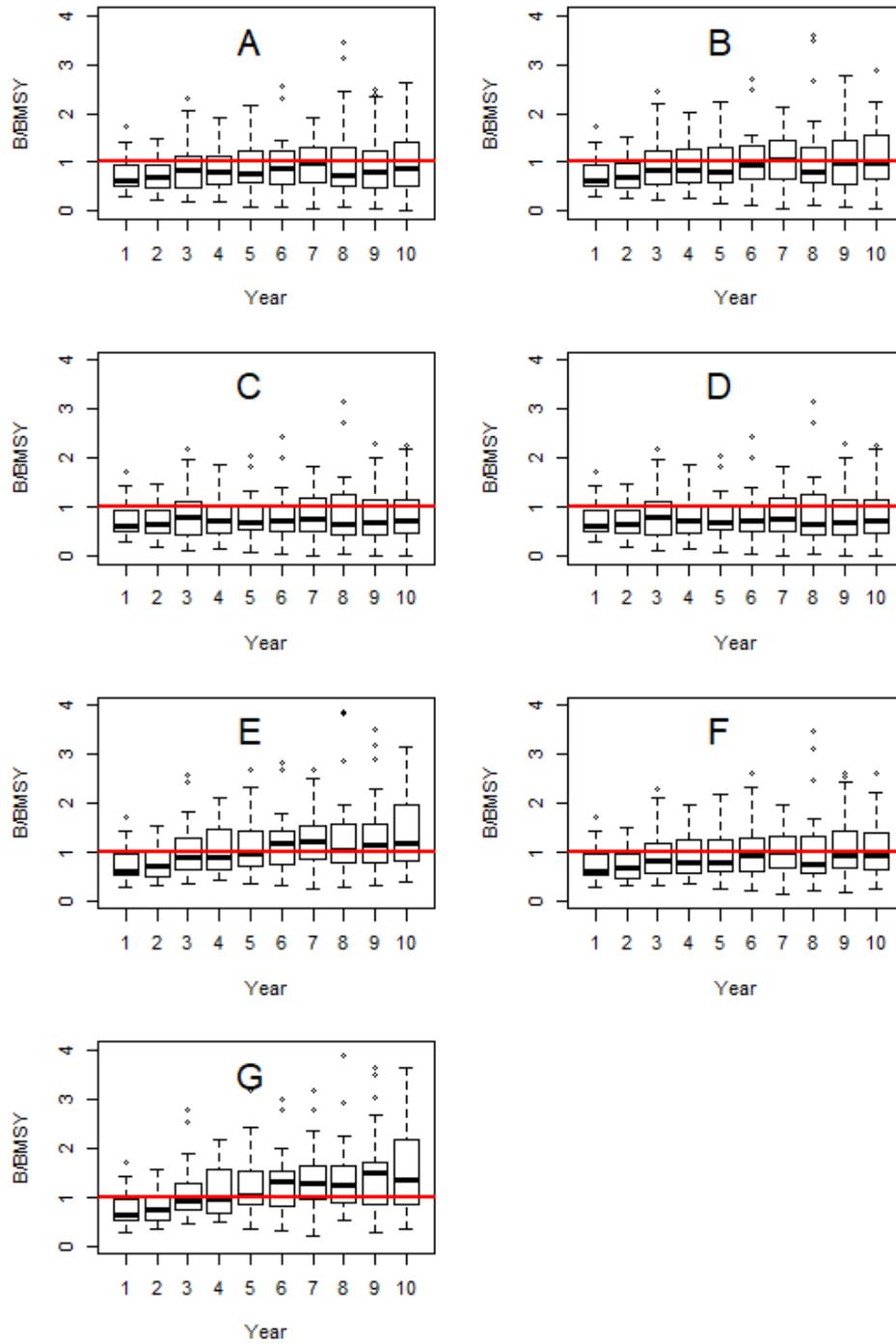


Figura 94. Tendencias de las simulaciones del objetivo basado en biomasa en los 10 años proyectados para cada estrategia evaluada en almeja de la XI región. A) curE, B) curE75, C) matlenlim, D) matlenlim2, E) MRnoreal, F) MRreal y G) slotlim.

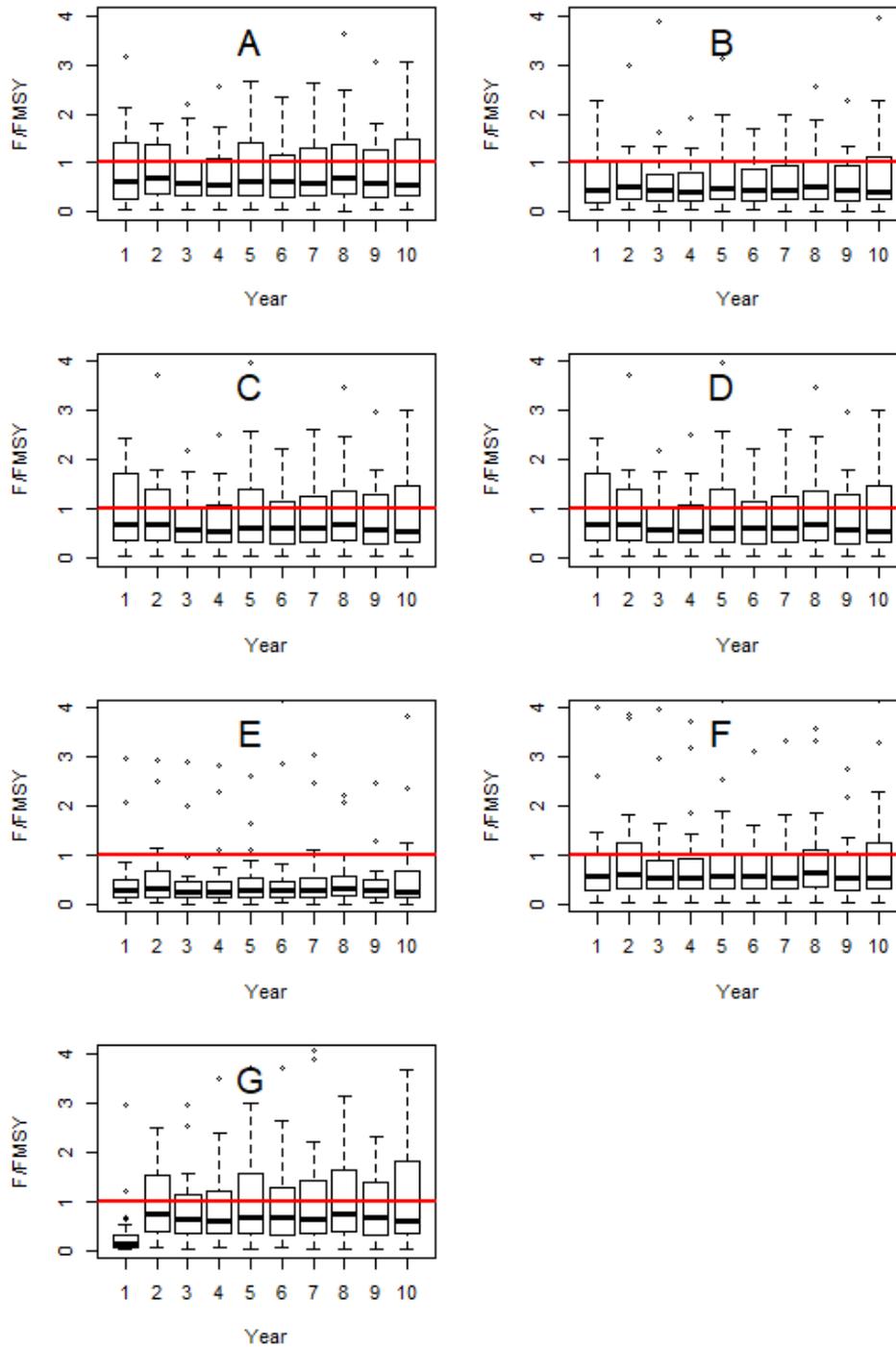


Figura 95. Tendencias de las simulaciones del objetivo basado en mortalidad por pesca en los 10 años proyectados para cada estrategia evaluada en almeja de la XI región. A) curE, B) curE75, C) matlenlim, D) matlenlim2, E) MRnoreal, F) MRreal y G) slotlim.

Tabla 39. Tabla Resumen de probabilidades de que el objetivo de manejo en términos de reducción de biomasa se encuentre sobre el 40% de la biomasa virginal para las 7 estrategias de manejo con un alto nivel de cumplimiento de objetivo de manejo. Los colores representan la probabilidad promedio. P <20% (rojo); 21% < P < 40% (amarillo); 41% < P 100% (verde).

Estrategia de manejo	Descripción	Prob. de cumplimiento
curE	establece un esfuerzo al 100% del final de las simulaciones.	0.26
curE75	establecer un esfuerzo al 75% en el año final.	0.32
matlenlim	la retención de la pesca por talla se establece como equivalente a la curva de madurez.	0.19
matlenlim2	la retención de la pesca por talla se establece ligeramente más alta (110%) que la madurez por talla	0.19
MRnoreal	un control espacial que impide la pesca en el área 1 y no reasigna este esfuerzo de pesca al área 2.	0.44
MRreal	un control espacial que impide la pesca en el área 1 y reasigna este esfuerzo de pesca al área 2 (o sobre otras áreas).	0.28
NFref	PM de Referencia	0.63
slotlim	la retención en longitud se establece un mínimo y longitud legal máxima. Este MP se ha incluido para demostrar un límite superior de las reglas de captura.	0.52

9.3.5. Evaluación del impacto en la reducción de la talla de primera captura

Se consideraron los resultados obtenidos en el modelo de evaluación de stock de Ancud para realizar un análisis comprensivo del impacto que tendría la modificación de la talla de primera captura actual. Para estos efectos se consideraron 4 escenarios de parámetros biológicos como fuentes de incertidumbre estructural. Los resultados muestran que variaciones en esta talla produce mayor impacto dependiendo del nivel de mortalidad por pesca, y que tallas de primera captura entre 50 - 60 mm de longitud permitirían maximizar el rendimiento de largo plazo (**Figura 96**). En términos de la reducción de la biomasa virginal y considerando la incertidumbre en el crecimiento y madurez, para los cuatro casos considerados, se observa que frente a una reducción de la talla de primera captura entre 45 -50 mm, para mantener una condición sin sobre-explotación en el largo plazo ($\%Bo > 40\%$) es preciso reducir la mortalidad o esfuerzo de pesca actual. La reducción de la talla de primera captura (T_{ml}) a 45 mm si bien significa mejorar marginalmente el rendimiento de largo plazo, conduciría a la biomasa a valores iguales o inferiores al $40\%Bo$, y por ende sujeto a un gran riesgo de caer en condiciones de sobre-explotación (**Tabla 40**).

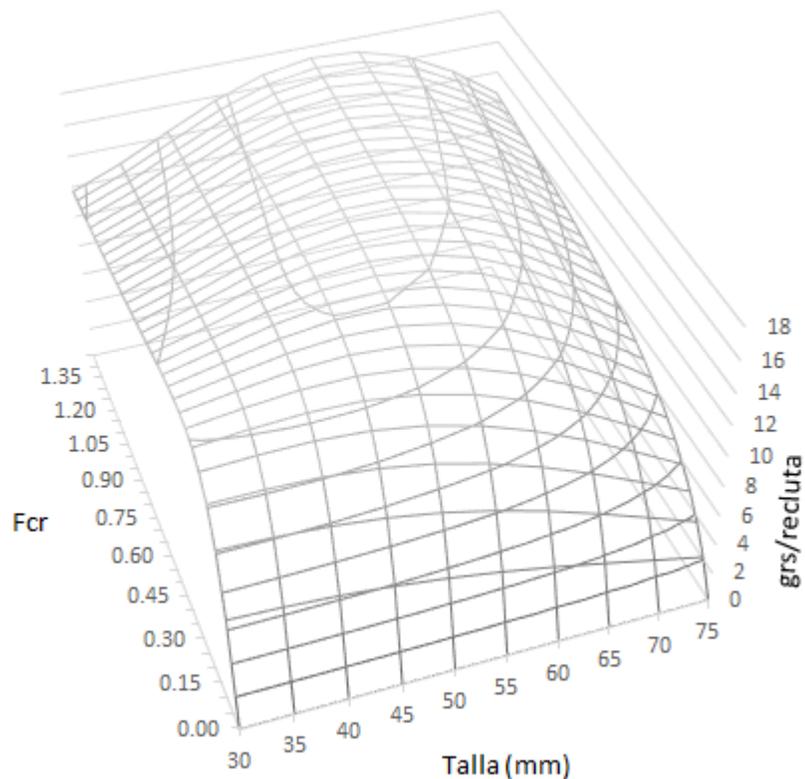


Figura 96. Rendimiento por recluta en función de la mortalidad por pesca y variaciones en la talla de primera captura

Tabla 40. Resumen del análisis por recluta de almeja en la X Región frente a cambios en la talla de primera captura según escenarios de crecimiento y madurez

Crecimiento		Lms=32.7		Madurez		Lms=39.4	
Loo=96.45 k=0.13	Escenario 1			Escenario 2			
	Fcr= 0.5823 F40%=5.69			Fcr= 0.5823 F40%=3.13			
	Tml	%Bo	Y/R (g)	Tml	%Bo	Y/R (g)	
	45	0.39	16.27	45	0.32	16.27	
	50	0.48	16.50	50	0.42	16.50	
	55	0.57	16.19	55	0.52	16.19	
Loo=101.9 k=0.10	Escenario 3			Escenario 4			
	Fcr= 0.5456 F40%= 8.23			Fcr= 0.5456 F40%= 4.04			
	Tml	%Bo	Y/R (g)	Tml	%Bo	Y/R (g)	
	45	0.41	13.73	45	0.33	13.73	
	50	0.50	13.61	50	0.43	13.61	
	55	0.59	13.02	55	0.53	13.02	

Lms=Talla de madurez sexual
Tml=Talla mínima de captura

9.3 Objetivo específico 4: Proponer un plan de implementación de las estrategias de manejo identificadas.

Para la realización de este objetivo se realizó un análisis FODA respecto a las estrategias de manejo evaluados/seleccionadas, con la participación del equipo de trabajo y actores claves (sectorialistas de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, investigadores de IFOP, y representantes del sector). La actividad comprometida se llevó a cabo entre los días 25 y 29 de noviembre de 2019. La encuesta realizada para el análisis FODA se encuentra adjunta en el **Anexo 9**.

La encuesta fue aplicada a 20 personas representantes de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Instituto de Fomento Pesquero e investigadores con destacada experiencia y conocimiento en la pesquería, donde sólo se obtuvo respuesta de 12 encuestados. Los presentes resultandos dan cuenta de la percepción de los participantes respecto a las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del sector.

- **Fortalezas**

El 50% de los encuestados se encuentran en desacuerdo en relación a que los usuarios reciben ingresos justos y estables que permiten aumentar su bienestar. En cambio, un 33.3% se muestra neutral y sólo un 16.7% está totalmente de acuerdo (**Figura 97**).

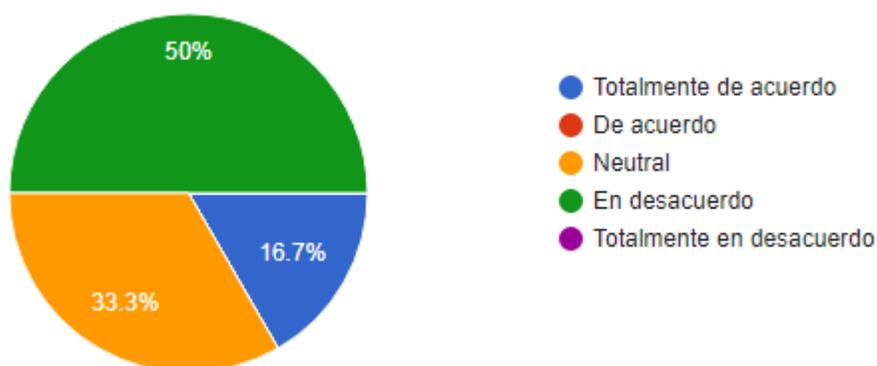


Figura 97. Porcentaje del nivel de acuerdo de las fortalezas presentes en la pesquería (ingresos justos y estables).

Al consultar si los usuarios actualmente tienen mayor conocimiento sobre el manejo de la pesquería, y por ende mayor compromiso por conservar el recurso. El 58.3% manifiesta estar en desacuerdo, el 33.3% de acuerdo y el 8.3% totalmente de acuerdo (**Figura 98**).

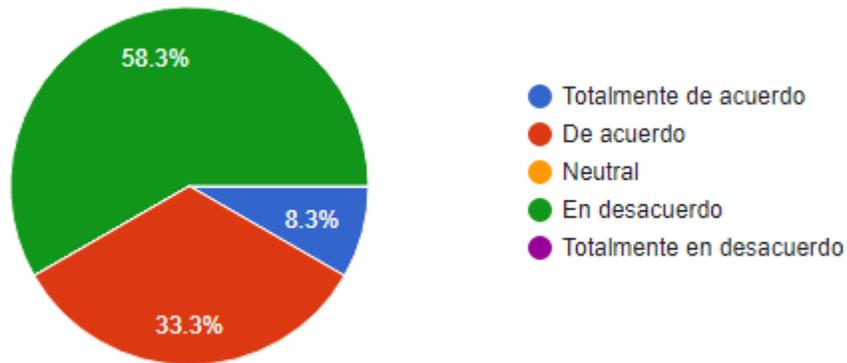


Figura 98. Porcentaje del nivel de acuerdo de las fortalezas presentes en la pesquería (conocimiento sobre el manejo de la pesquería).

- **Debilidades**

La totalidad de los encuestados concuerdan que la pesquería es altamente vulnerable frente a fenómenos de marea roja y a las fluctuaciones de los precios en el mercado (75% totalmente de acuerdo y 25% de acuerdo) (**Figura 99**).

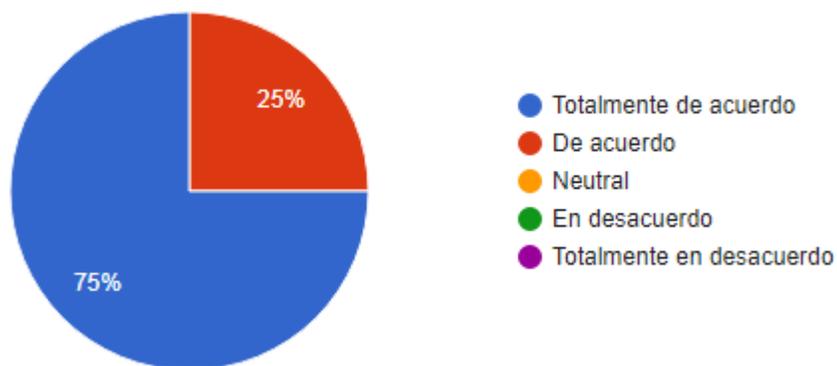


Figura 99. Porcentaje del nivel de acuerdo de las debilidades presentes en la pesquería (vulnerabilidad frente a fenómenos de marea roja).

Respecto al capital social de los participantes de la pesquería, el 50% considera un bajo nivel organizacional entre los usuarios (25% totalmente de acuerdo y 25% de acuerdo). Sin embargo, el 41.7% se encuentra en desacuerdo y un 8.3% neutral (**Figura 100**).

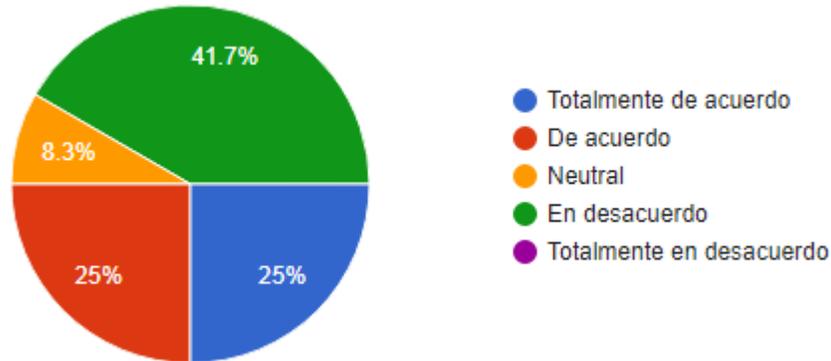


Figura 100. Porcentaje del nivel de acuerdo de las debilidades presentes en la pesquería (nivel organizacional entre los usuarios).

El 100% de los encuestados consideran que es una pesquería con alta dependencia al intermediario, y sin poder de negociación del precio de venta (75% de acuerdo y 25% totalmente de acuerdo) (**Figura 101**).

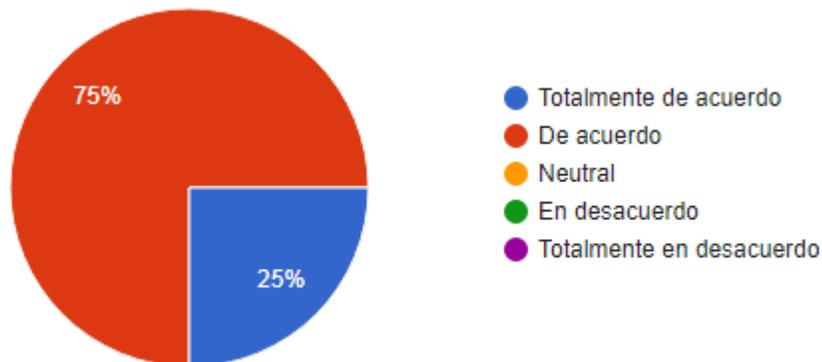


Figura 101. Porcentaje del nivel de acuerdo de las debilidades presentes en la pesquería (dependencia al intermediario y negociación del precio de venta).

- **Oportunidades**

El 50% de los encuestados indican que la demanda no ha aumentado hacia los recursos más grandes, y por ende no ha permitido cautelar la talla mínima de extracción (41.7% en desacuerdo y 8.3% totalmente en desacuerdo). Sin embargo, el 25% manifiesta que la demanda si ha estado enfocada en los recursos de mayor longitud (18.7 %totalmente de acuerdo y 8.3% de acuerdo) y el 25% se mantiene neutral (**Figura 102**).

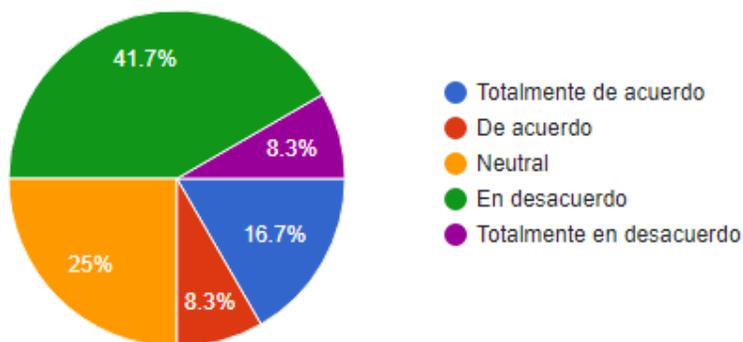


Figura 102. Porcentaje del nivel de acuerdo de las oportunidades presentes en la pesquería (demanda enfocada hacia recursos de mayor longitud).

La mayoría de los encuestados señalan que no existen mayores instancias de discusión/capacitaciones a los usuarios por parte del sector científico (41.7% en desacuerdo y 16.7% totalmente en desacuerdo). Por otra parte, el 25% indica que si existe un fortalecimiento del capital humano (16.7% de acuerdo y 8.3% totalmente de acuerdo) y un 16.7% se mantiene neutral (**Figura 103**).

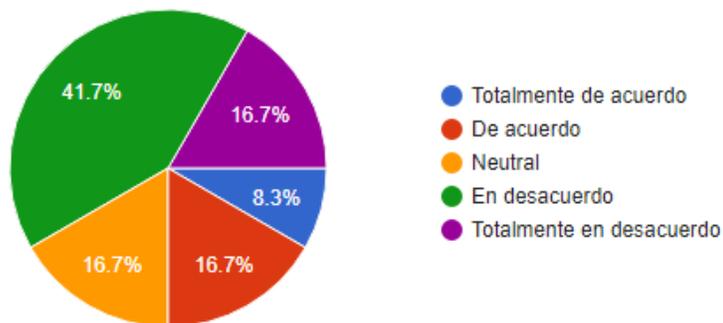


Figura 103. Porcentaje del nivel de acuerdo de las oportunidades presentes en la pesquería (instancias de discusión/capacitaciones a los usuarios).

- **Amenazas**

La mayor proporción de los encuestados consideran que existe una escasez/agotamiento del recurso (66.7% de acuerdo y 25% totalmente de acuerdo) y sólo un 8.3% se encuentra en desacuerdo (**Figura 104**).

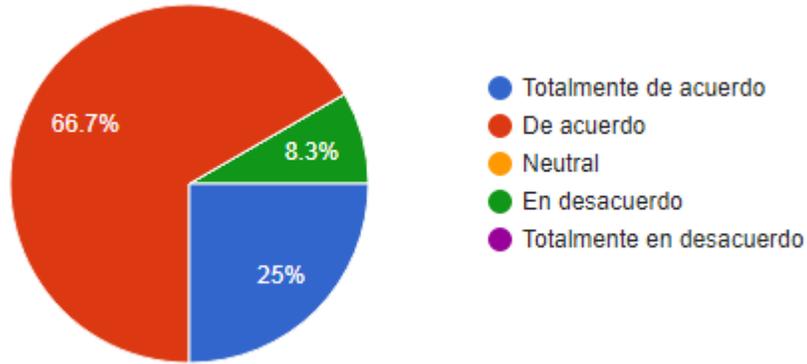


Figura 104. Porcentaje del nivel de acuerdo de las amenazas presentes en la pesquería (escasez/agotamiento del recurso).

La totalidad de los encuestados coinciden que faltan medidas de manejo óptimas que permitan potenciar el desarrollo sostenible de la pesquería (66.7% de acuerdo y 33.3% totalmente de acuerdo) (**Figura 105**).

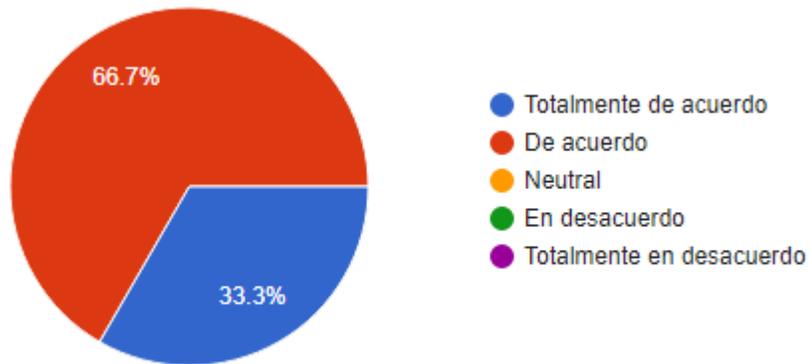


Figura 105. Porcentaje del nivel de acuerdo de las amenazas presentes en la pesquería (óptimas medidas de manejo)

Tabla 41. Percepción de las fortalezas y debilidades presentes en la pesquería (análisis interno).

Análisis Interno	
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> -La posibilidad de acceder a otros recursos ya sea en mar o en tierra. -La resiliencia que hasta ahora muestra el sistema de mar interior para el recurso almeja. -Bancos relativamente focalizados. -Selectividad de talla que tiene el arte de pesca (cernido en el chinguillo). -El marco geográfico es un buen respaldo para el manejo (bahía). -Es un recurso "buffer" que permite mantener actividad extractiva durante todo el año. -La mayor parte de los buzos de Los Lagos y Aysén están inscritos en esta pesquería, por lo que no habría mayores diferencias con otro tipo de pescador. -El ser buzo y constatar estado de poblaciones directamente le permite tener mayor conocimiento y experiencia para evaluar su desempeño histórico. -Las actividades realizadas por el proyecto han permitido transmitir antecedentes técnicos a los pescadores que han participado. -Los usuarios tienen experiencia en relacionarse con organismos del sector público pesquero y están involucrados en la Gobernanza de sus pesquerías a través de comités de manejo, organizaciones de primer y segundo nivel y participación en proyectos de investigación pesquera. -Recurso sin veda por lo cual puede tener actividad continua en el tiempo. -Recurso con alta demanda del mercado. -Existe un mercado interno (nacional) y exportación. -Tener recursos en las áreas, disponer de PSMB. -Régimen de zona contigua que permite que pescadores de otra Región puedan acceder al recurso. -En esta pesquería se pueden identificar bancos y se pueden generar rotaciones de áreas (Bahía de Ancud). 	<ul style="list-style-type: none"> -Pesquería altamente vulnerable a los fenómenos de marea roja y a las fluctuaciones de los precios en el mercado. -Bajo nivel organizacional entre los usuarios participantes de la pesquería. -Pesquería con alta dependencia al intermediario, sin poder de negociación del precio de venta. -Es una pesquería de mayor esfuerzo. -El precio del recurso es bajo. -No existe un Plan de Manejo específico para almejas. -Enfoque cortoplacista, extractivista e individualista. -Pesquería "parche" (sin medidas de administración solo Tallas Mínimas Legales) ante bajas en otras de mayor valor como materia prima. -No está bien posicionada tanto en el mercado interno como externo respecto de otros recursos. -Sus características biológicas han podido mantenerse pese a altos niveles de explotación, adicionalmente las mismas características y mayores antecedentes poblacionales permitirían desarrollar acciones de manejo a escalas espaciales más acotadas. -Falta de derechos de uso territorial adecuados, debilidad en los 4 factores del derecho. -Requieren mayor nivel de alianzas comerciales con empresas e intermediarios múltiples. -Requieren mayores niveles de transparencia de sus mercados. -No saben dónde van a parar sus recursos en la cadena de comercialización. -Requieren ofrecer productos marinos de alta calidad, sin valor agregado, limpios y de manera oportuna para las empresas procesadoras. -Escasa organización y asociatividad del sector extractivo, lo que dificulta la implementación de cualquier medida de manejo.

<p>-Recurso que no está en una condición de vulnerabilidad.</p>	<ul style="list-style-type: none">-Desconocimiento de la situación o estado global de la pesquería por parte de los usuarios.-Nula participación en la institucionalidad pesquera.-Compite con almejas de menor tamaño en mercados relevantes.-Falta de investigación sobre el recurso que permita determinar el estado de explotación en el que se encuentra.-La almeja no cuenta con veda que proteja el peak reproductivo y se extrae todo el año.
---	---

Tabla 42. Percepción de las oportunidades y amenazas presentes en la pesquería (análisis externo).

Análisis externo	
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> -Mercado interno importante. -Existe el comité de Manejo de Zonas Contiguas que podría trabajar en vías de tener una estrategia de manejo. -Intención de organización para el manejo. -El recurso se recupera rápidamente en términos de crecimiento. -La pesquería esta acotada territorialmente, lo que podría dar curso a la búsqueda de sellos de origen (almejas de Ancud), extraídas de manera sostenible, bajo un plan de manejo frente a otras que no lo tienen. -La condición biológica de la especie (filtrador) produce cierres temporales cuando existen eventos de floraciones de algas nocivas (marea roja), lo que podría favorecer a los stocks pesqueros. -Es un recurso que puede ser producido en hatchery y frente a situaciones de deterioro de la biomasa puede repoblarse. -Resistencia del recurso a períodos fuera del agua, incide en el transporte y llegada a centros de distribución. -Demanda permanente. -Precios accesibles. -Tiene buena aceptación en el mercado nacional, lo que habría que potenciar. 	<ul style="list-style-type: none"> -Existe una escasez/agotamiento del recurso. -Faltan medidas de manejo óptimas que permitan potenciar el desarrollo sostenible de la pesquería. -Falta de autorregulación. -Fallas de mercado. -Cambios drásticos en el ambiente. -Alto número de pescadores inscritos (esfuerzo potencial) sin una limitación a las capturas. -Sobreesfuerzo. -Aumento demanda. -Pesca ilegal. -Contaminación por emisarios de aguas servidas. -Pérdida de mercado frente a similares. -Pérdida de prestigio alimenticio hacia el turismo. -Bajo empoderamiento de la pesquería por parte del sector extractivo. -Libertad de pesca. -Escasas medidas administrativas. -Nula fiscalización. -Continuar con un manejo centrado solo en los factores biológico pesqueros. -Pesquería que no se encuentra sometida a cuotas de captura ni períodos de veda. -Registro Pesquero Artesanal cerrado y envejecimiento de buzos incide en esfuerzo ilegal y no dimensionado. -Embarcaciones de Los Lagos que operan en la Región de Aysén declaran sus capturas como extraídas en Los Lagos. -No existen investigaciones sobre el recurso que indiquen el estado del stock. -Fenómenos de marea roja y cierre de zonas de pesca. -Mercado dominado por intermediarios de la Región de Los Lagos, principalmente Quellón y Calbuco, que impiden el ingreso de nuevos usuarios. -Análisis de toxinas marinas con diferencias de criterios para usuarios de la Región de Los Lagos y en desmedro de Aysén. -Extracción de individuos bajo la TML. -Falta de medidas de protección (vedas). -Cambio climático (acidificación del océano, FAN).

De acuerdo a lo señalado por los 12 encuestados, se establecieron 8 acciones de manejo que permiten contribuir al desarrollo sustentable de la pesquería del recurso almeja en la zona de estudio. Las acciones de manejo propuestas, fueron consideradas con el objetivo de evitar las amenazas, aprovechar las oportunidades, superar las debilidades y aumentar las fortalezas (**Tabla 43**).

Tabla 43. Acciones de manejo respecto a las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la pesquería identificadas por los encuestados.

Análisis interno Análisis externo	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	<p><u>Acciones de manejo</u></p> <p>1.- Aplicar un nivel de captura constante de 1500 (t) anuales en la Bahía de Ancud.</p> <p>2.- Planes de formación y transferencia técnica-científica para la explotación sustentable del recurso.</p> <p>3.- Programas dirigidos a elevar la capacidad de negociación y de gestión de los pescadores artesanales en la(s) cadena(s) productiva(s) en que participan.</p> <p>4.- Proyecto enfocado a evaluar el estado de explotación del recurso almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo.</p>	
Amenazas	<p>5.- Proyecto enfocado a evaluar la regla de decisión para el establecimiento de la veda reproductiva del recurso almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo.</p> <p>6.- Líneas de financiamiento que permitan potenciar la oferta de productos de buena calidad, inocuos y ajustados a los estándares de mercados.</p> <p>7.- Planes de fortalecimiento del capital social entre los pescadores artesanales participantes en la Bahía de Ancud.</p> <p>8.- Desarrollo de un plan de contingencia frente a fenómeno de marea roja.</p>	

- **Evaluación de costos**

Considerando las propuestas de acciones de manejo, se presenta para cada una de ellas un perfil que indica una descripción general y el costo de su implementación. Este último está valorizado en miles de pesos (M\$) respecto al personal, operaciones y administración en las etapas de diseño e implementación (**Tabla 44, Tabla 45, Tabla 46, Tabla 47, Tabla 48, Tabla 49, y Tabla 50**).

Tabla 44. Perfil de acción N°1, Planes de formación y transferencia técnica-científica para la explotación sustentable del recurso.

Perfil de acción N°1				
Acción: Planes de formación y transferencia técnica-científica para la explotación sustentable del recurso.				
Descripción	a) Se requiere entregar los conocimientos técnicos–científicos en materias de dinámica del recurso, biología y buenas prácticas, con un lenguaje claro y sencillo para su comprensión.			
	b) El diseño del curso debe contener el manejo y gestión de recursos pesqueros.			
	c) Debe incorporar instancias de debate/foro con otros actores del sector (Sernapesca, IFOP, SSPA).			
	Diseño	Implementación	Evaluación	2ºCiclo
Años	1	2 al 5	6	7 al 20
M\$	11000	25000		
Personal	9000	18000		
Operaciones	1000	4000		
Administración	1000	3000		
Total M\$	36000			

Tabla 45. Perfil de acción N°2, programas dirigidos a elevar capacidades de negociación y de gestión de los pescadores artesanales en la(s) cadena(s) productiva(s) en que participan.

Perfil de acción N°2				
Acción: Programas dirigidos a elevar capacidades de negociación y de gestión de los pescadores artesanales en la(s) cadena(s) productiva(s) en que participan.				
Descripción	a) Debe estar orientado a fortalecer mecanismos de organización, administración financiera, estrategias en los procesos internos (Cadena de Valor) de la producción, incursión en nuevos mercados.			
	b) Otorgar las capacidades necesarias que permitan a los pescadores obtener un mayor valor del recurso.			
	Diseño	Implementación	Evaluación	2ºCiclo
Años	1	2 al 5	6	7 al 20
M\$	12000	26000		
Personal	9000	18000		
Operaciones	2000	5000		
Administración	1000	3000		
Total	38000			

Tabla 46. Perfil de acción N°3, Proyecto enfocado a evaluar la regla de decisión para el establecimiento de la veda reproductiva del recurso almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

Perfil de acción N°3				
Acción: Proyecto enfocado a evaluar la regla de decisión para el establecimiento de la veda reproductiva del recurso almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.				
Descripción	a) Proponer e implementar un modelo operativo para la dinámica poblacional de la almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.			
	b) Simular, bajo distintos escenarios de vedas reproductivas, la dinámica del recurso en la zona de estudio y evaluar el desempeño de las principales variables de estado poblacionales ante dichos escenarios.			
	Diseño	Implementación	Evaluación	2ºCiclo
Años	1	2 al 5	6	7 al 20
M\$	9000	32000		
Personal	6000	27000		
Operaciones	2000	3000		
Administración	1000	2000		
Total	41000			
Impulsor	Consultoras/Establecimientos de educación superior			
Socios estratégicos	Instituciones de Fomento-SSPA			

Tabla 47. Perfil de acción N°4, Proyecto enfocado a evaluar el estado de explotación del recurso almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo.

Perfil de acción N°4				
Acción: Proyecto enfocado a evaluar el estado de explotación del recurso almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo.				
Descripción	a) Estimar la mortalidad por pesca de los stocks de almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo.			
	b) Determinar la reducción de la fracción desovante de la población de almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo.			
	c) Estimar los Puntos Biológicos de Referencia de almeja en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo.			
	Diseño	Implementación	Evaluación	2ºCiclo
Años	1	2 al 5	6	7 al 20
M\$	12000	41000		
Personal	9000	36000		
Operaciones	2000	3000		
Administración	1000	2000		
Total	53000			

Tabla 48. Perfil de acción N°5, Líneas de financiamiento que permitan potenciar la oferta de productos de buena calidad, inocuos y ajustados a los estándares de mercados.

Perfil de acción N°5				
Acción: Líneas de financiamiento que permitan potenciar la oferta de productos de buena calidad, inocuos y ajustados a los estándares de mercados.				
Descripción	a) Mejorar la manipulación post captura de los recursos pesqueros.			
	b) Estudios de mercado que permitan identificar preferencias de los consumidores y posibles clientes.			
	c) Incentivar las buenas prácticas en la pesquería.			
	Diseño	Implementación	Evaluación	2ºCiclo
Años	1	2 al 5	6	7 al 20
M\$	15000	27000		
Personal	12000	20000		
Operaciones	2000	5000		
Administración	1000	2000		
Total	42000			

Tabla 49. Perfil de acción N°6, Planes de fortalecimiento del capital social entre los pescadores artesanales participantes en la Bahía de Ancud.

Perfil de acción N°6				
Acción: Planes de fortalecimiento del capital social entre los pescadores artesanales participantes en la Bahía de Ancud.				
Descripción	a) Desarrollo de herramientas para procesos comunicativos, gestión de equipos, prevenir y resolver conflictos.			
	b) Crear acuerdos en aspectos de gestión, administración y económico.			
	c) Instancias de reuniones periódicas.			
	Diseño	Implementación	Evaluación	2ºCiclo
Años	1	2 al 5	6	7 al 20
M\$	12000	25000		
Personal	9000	18000		
Operaciones	2000	5000		
Administración	1000	2000		
Total	37000			

Tabla 50. Perfil de acción N°7, Desarrollo de un plan de contingencia frente a fenómeno de marea roja.

Perfil de acción N°7				
Acción: Desarrollo de un plan de contingencia frente a fenómeno de marea roja.				
Descripción	a) Participación de los actores participantes del sector (Comité de manejo, Comité científico, Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura).			
	b) Medidas de manejo óptimas que permitan garantizar la continuidad de actividades económicas.			
	c) Instancias de reuniones periódicas.			
	Diseño	Implementación	Evaluación	2ºCiclo
Años	1	2 al 5	6	7 al 20
M\$	17000	33000		
Personal	12000	25000		
Operaciones	3000	5000		
Administración	2000	3000		
Total	50000			

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Recurso almeja *Venus antiqua* y su pesquería

La pesquería de “almejas” ha estado liderada por los desembarques del recurso objetivo de este estudio, explotados principalmente en la Región de Los Lagos. Hoy este conjunto de recursos muestra un estado de declinación con excepción de *V. antiqua* que, en los últimos cuatro años, sus desembarques indican una tendencia al aumento, los cuales el año 2017 no sobrepasaron el 25% del máximo histórico alcanzado el año 1988. Esta pesquería que alcanzó el máximo desarrollo con la explotación de los bancos ubicados en el sector norte de la isla de Chiloé, desde hace ya más de dos décadas se sostiene principalmente con la explotación de este recurso en la zona sur de la isla y con la explotación de bancos de pesca ubicados en la región contigua y en menor medida con la explotación continua en bancos asociados a los puertos de Carelmapu y Maullín, ambos ubicados en el continente y en menor medida las extracciones que los pescadores realizan en la Bahía de Ancud. Por otra parte, los desembarques que ocurren en Calbuco, provienen en gran proporción de áreas ubicadas en mar interior o al sur de la isla de Chiloé, solo que su desembarque se produce en este puerto.

Araya y Barahona (2013) señalan que una posible explicación asociada a los niveles de extracción regionales de este recurso, es el hecho que los pescadores en la zona sur tienen la posibilidad de incorporar nuevas áreas de pesca, a diferencia de lo que ocurre en la bahía de Ancud, donde esto no es posible. Los datos analizados muestran que a pesar del alto número de áreas de procedencias de pesca en el periodo 2000 – 2018 que los pescadores explotaron, las que superan el centenar sobre el 80% de la captura por puerto, proviene de un número reducido de ellas, lo que ha sido histórico en esta pesquería, 3 a 7 áreas de procedencias por puerto, situación que también fue reportada por González y Barahona (2007), quienes analizaron la historia de la pesquería entre 1996 y 2005.

A nivel de las caletas al menos ocho destacan por la importancia de la pesquería de almeja al interior de ellas, en términos de número de embarcaciones, viajes a explotar esta pesquería, y valorización del desembarque. Aquellas ubicadas en la provincia de Llanquihue corresponden a La Vega, Maullín y Carelmapu. La primera de ellas si bien presenta bajos indicadores asociados a la flota (i.e. baja ocupación de la flota en el recurso almeja), resulta relevante en términos de la valorización de los desembarques, mientras que en Maullín la extracción de almeja es claramente una actividad prioritaria. Finalmente, en Carelmapu la explotación de almeja se combina con otros recursos que en términos monetarios les

reportan mayores ingresos a los pescadores. Por otra parte, en la isla de Chiloé las caletas que más destacan son Ancud, Pudeto, Dalcahue, y Quellón. En el sector norte la actividad histórica de los pescadores sobre este recurso se ha mantenido y, si bien en Ancud la flota explota una gran variedad de recursos, en Pudeto es la actividad más importante. En la zona centro destaca Dalcahue por su actividad extractiva de almeja, para finalmente en el sector más al sur de la isla constituir la actividad sobre almeja, erizo y luga roja, las que concentran casi el 100% de la valorización. En este contexto, de estos tres recursos solo la almeja es explotada todo el año, lo que significa una actividad permanente de los pescadores sobre este recurso.

Para extraer este recurso está autorizado un alto número de pescadores artesanales el que alcanza sobre las 50.000 personas, sin embargo, como es conocido el número real está muy por debajo de estas cifras. Es posible obtener una estimación indirecta a través de la flota, IFOP monitoreo el año 2018 un total de 402 embarcaciones en la zona de estudio, lo que podría indicar que al menos pueden haber operado 804 buzos (considerando dos buzos por embarcación). El destino del recurso es mayoritariamente el consumo en fresco y es probable que este factor incida en la continua alza que ha presentado el precio de primera venta en playa. Mientras que las cantidades exportadas en concordancia con la disminución de los desembarques presentan la misma tendencia. La revisión bibliográfica evidencia que estudios asociados a este recurso no son recientes, más allá del monitoreo continuo de la actividad extractiva que ha ejecutado el IFOP a través de los años y que se mantiene en la actualidad.

Marea Roja y Salud del recurso

Uno de los elementos que más afecta a esta pesquería es la marea roja, identificándose como las más comunes aquellas cuyas microalgas contienen el veneno paralizante de los mariscos (VPM), veneno amnésico (VAM) y veneno diarreico (VDM), lo que ha llevado al Servicio de salud regional a cerrar zonas extensas de extracción en diversos periodos del tiempo. Este fenómeno cada año reporta distintas extensiones con distribución de estas microalgas nocivas. En este proyecto se analizó brevemente el efecto de este fenómeno en tres periodos de tiempo en el año 2018 en la Región de Los Lagos, observándose una disminución de los desembarques de almeja monitoreados por el programa de seguimiento bentónico de IFOP en el periodo que las áreas se encontraban cerradas, sin embargo, al analizar todo el conjunto de áreas que reportaron capturas a nivel de la caleta de Quellón, que es la más afectada, se observó que los pescadores concurren a otras áreas a explotar el recurso, lo que significa que en términos globales no se visualiza el efecto en los desembarques. . Esto puede traer consecuencias ecológicas importantes, al aumentar considerablemente el esfuerzo de pesca en otras zonas.

La disminución observada entre abril y julio, es probable que responda a la orientación de una fracción de la flota a la extracción de erizo. También es posible que el análisis en términos de costo de las faenas de pesca o de la actividad de la flota con menor autonomía se vea afectado, ya que estas últimas no pueden efectuar grandes desplazamientos ya sea por no tener la autonomía o por los costos que significa desplazarse a otras zonas a extraer el recurso. A pesar de lo anterior, el evento de marea roja condiciona la extracción y, como lo señala Díaz *et al* (2019), en un contexto de cambio climático es altamente probable que estos eventos serán más frecuentes y de mayor extensión temporal y geográfica en un futuro. En este contexto, la presencia de estos fenómenos adquiere relevancia al momento de querer efectuar un manejo del recurso.

Respecto al manejo de este recurso, es necesario señalar que la almeja *V. antiqua* es objetivo en los planes de manejo de la Zona contigua como de la bahía de Ancud, sin embargo, en ambos casos no se han optado medidas de manejo especie específicas que favorezcan su sustentabilidad en el tiempo. Si bien, el primer plan de manejo se ha visto afectado por el cambio en su conformación, de mesa público privada a Comité de manejo, desde su creación la atención ha estado puesta en el recurso erizo preferentemente. Esta experiencia se debería recoger en términos de analizar su efectividad y definir que una pesquería tan importante, posiblemente deba tener una atención tan prioritaria como otros recursos. Sin embargo, el plan de manejo de Ancud, cuya área geográfica es acotada a la bahía del mismo nombre, tampoco ha logrado ser foco de atención. Esto puede indicar fallas en las formas de trabajo adoptadas a la fecha.

Estructuración espacial de almeja

Con respecto a las zonas definidas como unidades poblacionales de almeja, cabe señalar que el supuesto que subyace a cualquier ejercicio de evaluación de stock, es que la población analizada cumple con las condiciones propuestas por Caddy (1975), en donde señala que i) la unidad poblacional es considerada autocontenida y autosustentada, cerrada a la inmigración y emigración y, con foco en recursos bentónicos, el reclutamiento por medio del asentamiento proviene de la región de estudio y por otro lado, ii) el proceso de pesca es homogéneo dentro de la zona de evaluación ocupada por la población. En función de esto, se cumple con el supuesto de *pool* dinámico en donde los efectos locales de pesca se expanden a través de todo el stock por el movimiento y mezcla de los individuos. Este supuesto no es abordado de manera rigurosa en este proyecto y aún debe seguir siendo revisado, dado que actualmente no se cuenta con estudios morfológicos, parasitológicos, genéticos y/o hidrodinámicos, los cuales podrían ser de gran utilidad a la hora de definir unidades de stock. En este proyecto, la estructuración espacial de las unidades

de stock de almeja responde a cuestiones operativas, dado que es la información con la que se cuenta, por lo que se propone avanzar en abordar este asunto de forma integrada con otros estudios como los señalados anteriormente. A pesar de ello, y de acuerdo a Hilborn y Walters (1992), los análisis respecto a la dinámica de este tipo de recursos deben considerar como válidos los supuestos de una población estacionaria y que actúa como una población cerrada, pero especificando que las estrategias de manejo deben tener consideración de esto. Esta lógica sobre la estructuración espacial para la evaluación de stock en recursos bentónicos se ha abordado también para otras especies, como por ejemplo en erizo del sur de Chile (Barahona *et al.*, 2017; Techeira *et al.*, 2018) y también en base a sugerencias realizadas por Molinet *et al.* (2011).

Análisis Histórico biológico del recurso

La base de datos histórica permitió ahondar en el entendimiento de las variables biológicas del recurso. El análisis GLM de talla solo explicó un 2% de la devianza de los datos, por lo que los resultados de esto se asemejan al análisis preliminar realizado con la base biológica. Tal como señalan los datos analizados, se ha presentado un aumento en la talla individual promedio en lo que parecen ser dos bloques, entre el 2003 – 2008, y en los últimos años, particularmente desde el 2014. Es altamente probable que este aumento en talla este enmascarado por un cambio en la selectividad del recurso producto del destino comercial del recurso para las diversas procedencias, en donde ha pasado de recolectarse individuos más pequeños (destinados a consumo fresco), a recursos de mayor tamaño (individuos destinados a industria). Esto mismo puede desprenderse de la reunión realizada con el sector artesanal, donde los buzos confirmaron un cambio de selectividad, no en búsqueda de más individuos de gran tamaño, sino en una reducción en las capturas de individuos de tallas menores (**Anexo 3**).

En lo que respecta al análisis mensual, el GLM indica que la talla promedio es menor a mediados de año, particularmente entre junio y julio. Este resultado está dado probablemente por el aumento de ejemplares pequeños, producto de los periodos de desove de años anteriores, que suelen ocurrir entre primavera y verano. Cabe recordar que los individuos alcanzan la talla de reclutamiento a la pesquería (55 mm) entre los 5 y 6 años. Por otra parte, el peso individual no varía de manera significativa dentro del año, aunque si presenta periodos de mínimo (abril) y máximo (febrero y julio).

Finalmente, en cuanto a las diferencias espaciales encontradas, tanto los GLM como los datos crudos de promedio por latitud no señalan una clara tendencia latitudinal tanto para talla como para peso individual. Sin embargo, es posible apreciar diferencias significativas cuando se analizan las zonas

determinadas en la metodología. La zona 2 se caracterizó por poseer los individuos de menor tamaño, mientras que la zona 3 se caracterizó por poseer los individuos de menor peso. Estos resultados indican que las variables biológicas de esta especie son afectadas por la localidad particular en la que se encuentran, pudiendo originarse tanto en la disponibilidad de alimento, temperatura, salinidad, tipo de fondo, etc. A modo de ejemplo, en la zona 2 (correspondiente al mar interior de Chiloé), las condiciones particulares de este ambiente pueden ser causa de las menores tallas de almeja. Tal como han percibido buzos de la zona sur de Chile (**Anexo 3**), el fondo marino donde habita la almeja juega un rol importante en la calidad de este recurso, por lo que siempre existirán áreas particulares más favorables que otras para la almeja.

Crecimiento individual

Los resultados de análisis de parámetros de crecimiento para la data histórica indican que la procedencia (o bien la localidad de estudio) juega un rol fundamental en determinar el crecimiento de almejas. Las razones por la que esto ocurre pueden ser muchas, sin embargo, y como ya fue mencionado, es probable que el ambiente ser un factor clave en esto, esto incluye variables bióticas como abióticas.

Los resultados obtenidos dieron cuenta de un L_{∞} que en promedio resultó en torno a los 78.4 mm, lo cual coincide con los valores más bajos estimados históricamente para la zona de estudio, estimados por Bustos *et al* (1981) (78.7 mm). Estos resultados permitieron evidenciar además diferencias en los parámetros a nivel espacial, donde para la zona sur de estudio (polígono 6) se estima una menor L_{∞} y mayor L_0 . Las estimaciones para el polígono 4 son las que más difieren del resto, pero tal como se indicó en los resultados, esto es debido a que están representadas por solamente una procedencia, lo cual genera un análisis poco robusto.

Por su parte, los eventos de marcaje y recaptura permitieron evidenciar grandes diferencias entre las zonas estudiadas, principalmente a la hora de calcular los parámetros de crecimiento. Los resultados de crecimiento en isla Manzano en la región de Aysén son similares a lo reportado por Clasing *et al.* (1994) quienes determinar valores de $L_{\infty} = 72$ mm y $K = 0.224$ (en comparación a los $L_{\infty} = 79.19$ mm y $K = 0.148$ de isla Manzano) en estudios de marcaje y recaptura la bahía de Yaldad, al sur de Chiloé. Estos autores reportaron que la talla 55 mm se alcanzaría en 6-7 años, mientras en este estudio en isla Manzano se alcanzaría aproximadamente en 8 años. La clave talla edad obtenida para Ancud sugiere un crecimiento extremadamente lento. Los valores de L_{∞} (190,80) y K (0,027) obtenidos pudieron ser afectados por el hecho de sólo contar con ejemplares hasta 60-70 mm de longitud en la recaptura, por lo que estos resultados deben ser observados con precaución. En contraste, se observó mayor proporción de individuos

con incremento cero en isla Manzano. Es necesario destacar que para una mayor precisión de estimaciones hacen falta mayor número de recapturas, con el fin de hacer un mejor seguimiento del crecimiento individual en el tiempo.

Jerez y Figueroa (2008) y Ariz et al. (2009) mostraron la evolución de la pesquería en la bahía de Ancud (zona donde se tiene una estadística más representativa), la cual evolucionó desde un desembarque de alrededor de 9000 toneladas en 1991 a alrededor de 2000 t en 2005, representando más de 70% de disminución. Considerando la evolución de la estructura de talla de la pesquería de *V. antiqua* (ej. Ariz et al. 2009), es posible suponer la existencia de efectos antrópicos sobre el patrón de crecimiento asociados a la pesca. El efecto selectivo de la pesca sobre los individuos de mayor tamaño incluye efectos sobre la genética poblacional. Tales cambios pueden dar cuenta de la persistencia de individuos pequeños a la edad a pesar de existir buenas condiciones para el crecimiento, y proyectar disminuciones de la pesca por periodos indeterminados (debido a la disminución de las tasas de crecimiento por la selección) (Swain et al., 2007). Estos efectos pueden conducir a respuestas evolutivas inducidas por la presión selectiva de la pesquería (Hutchings and Fraser, 2008; Pérez-Ruzafa et al., 2006; Swain et al., 2007), como se ha sugerido (por ejemplo) para el patrón de crecimiento individual del recurso erizo (*Loxechinus albus*), (Molinet et al., 2013; Schuhbauer et al., 2010). Sin embargo, la mayor proporción de individuos con incremento cero en ejemplares >40 mm en isla Manzano respecto a lo observado en Ancud, sugiere que de existir un efecto de truncación de edades en Ancud este sería menos intenso que lo observado en isla Manzano, lo que es contradictorio con los resultados del presente informe.

La extracción de almeja en la región de Aysén se restringió por la presencia de *Alexandrium catenella* (asociada al Veneno Paralítico de los Mariscos (VPM)) desde los años 90s, lo que pudo influenciar el aumento de las densidades y posibles efectos sobre el crecimiento de los organismos. Por otra parte, debido a que desde 2010 no se ha registrado un brote de VPM en Aysén, se han abierto numerosas áreas a la extracción de almejas en esa región, las que podrían explicar el aumento de los desembarques desde 2010.

Aspectos Reproductivos

En cuanto a el análisis de IGS y Madurez macroscópica de *Venus antiqua*, la disminución de estos parámetros en los meses de invierno (mayo y julio) para el sector de Ancud, permiten corroborar lo señalado por Jaramillo et. al (2003) respecto a la ciclicidad de la actividad gonadal del recurso, con su alternancia de eventos reproductivos y periodos de recuperación gonadal en los meses de invierno. Por

otra parte, en Quellón no se registraron mayores variaciones en el IGS, lo que podría suponer que las almejas presentan periodos de madurez continua, o bien, podría reflejar efectos del transporte y manipulación (más largo que desde Ancud) antes de su procesamiento.

La talla de primera madurez para *Venus antiqua* ha sido reportada por varios autores, estimando que alcanzaría entre los 30 mm (Bustos et al 2013) y 54,9 mm (Reyes et al). Nuestros resultados se encuentran en el rango de lo observado para *V. antiqua*, obteniendo una $L_{50\%}$ en Ancud de 43,24 mm y de 41,76 en isla Manzano, y similares a los observados por Jaramillo et al (2003) (de 40-45 mm en la zona norte de la región de Los Lagos), Gallardo y Weber (36-38 mm en Bahía Metri), y de 39,4 mm en Ancud (Reyes y Barahona, 1995). Considerando estos resultados, el valor $L_{50\%}$ se alcanzaría en ~5 años en la localidad de isla Manzano, mientras que en Ancud esto ocurriría en ~8-9 años. Esto implica que a la talla mínima de 55 mm el 100% de la población estaría madura y se habría reproducido al menos 1 vez en isla Manzano y unas dos veces en Ancud, antes de su captura. Lozada y Bustos (1984) reportaron que, en la bahía de Ancud, *Venus antiqua* registró su primer desove a 46.6 mm para machos y a 48.3 mm para hembras. Esta información confirma la variabilidad espacial que se observa para especies bentónicas cuyos stocks están espacialmente estructurados (Orensanz and Jamieson 1998).

Mortalidad natural y Talla crítica

A partir del análisis de la base histórica biológica de *V. antiqua*, se realizaron estimaciones de M , donde del total de valores calculados (7 modelos distintos), el modelo de Brey & Gage entregó el valor más bajo ($M = 0.26$), destacando que este estimador es el más adecuado para estudios de invertebrados bentónicos, tal como es señalado en el FIPA 2014-07. Al respecto, la relación $M/k = 1.32$ se aleja de la relación esperada donde $M/k = 2$ (Beverton y Holt), siendo más bien próxima a la invariante señalada por Beddington y Kirkwood ($M/k=1.5$). Dados estos resultados, se estima que el valor de M debiese estar próximo a 0.39 según la invariante de Beverton y Holt, valor mucho más cercano al entregado por el estimador M_4 (Hoening, 1983), cuyo valor es de $M = 0.41$. De todos modos, el valor de M estimado se encuentra dentro del rango histórico reportado para la zona (entre 0.221 y 0.391).

Por otra parte, se estimaron también valores de M , talla y edad crítica a partir de los datos obtenidos del proceso de marcaje y recaptura. En este estudio, los parámetros de crecimiento observados en Ancud deben ser tomados con precaución, ya que no fue posible observar un número representativo de almejas sobre los 70 mm, lo cual influyó de manera importante en la estimación de la longitud asintótica y tasa de crecimiento, y por tanto en las estimaciones de M . En consecuencia, los bajos valores de M obtenidos no

permitieron hacer correctas estimaciones de edad y talla crítica, resultando estas extremadamente altas y fuera de norma para la biología del recurso, con edades que superan incluso los 20 años. La estimación de la mortalidad natural se relaciona con la tasa de crecimiento y longevidad, y cuando los individuos más longevos de la población no están debidamente representados, como ocurrió en el sector de Ancud, los cálculos obtenidos resultan inciertos. Sin embargo, el método de Jensen (1996), que utiliza la talla de primera madurez, muestra valores similares a lo reportado por Jaramillo et al. (2003), Jerez et al. (1997) y Reyes et al. (1993), no obstante, no concuerda con el M histórico estimado con este mismo método (**Tabla 10**).

En cuanto a las estimaciones de Isla Manzano, ya que las almejas de esta zona tienen baja probabilidad de ser explotadas, debido a eventos de marea roja en la zona, se puede hipotetizar que este banco podría ser considerado como “no pescado”. Por lo demás, los resultados señalan que los parámetros de crecimiento en esta zona son similares a lo observado por Clasing et al 1994. Por otro lado, la relación M/k calculada con los valores de M de los métodos Hoenig (1983), Gislason et al (2010) y Charnov et. al 2012 se aproxima con la relación esperada por Beddington y Kirkwood (2005) $M/k = 1.5$, en cambio, con el valor del método Jensen (1996) se corrobora con la relación de Beverton y Holt (1959). El método de Brey & Gage (1997), al calcular el valor de la relación M/k, discrepa con las relaciones esperadas presentadas por los actores anteriormente mencionados.

La talla crítica en una población no pescada es la longitud o peso medio de un recurso en una determinada clase de edad cuando G (crecimiento) = M (Mortalidad natural) (Ricker 1975). Este parámetro refleja el balance entre crecimiento y mortalidad, y es un punto biológico de referencia simple para evitar sobrepesca por crecimiento (pescar antes de que la cohorte genera la máxima biomasa predicha por el balance entre crecimiento y mortalidad natural). Debido a que la talla crítica es sensible a los parámetros de crecimiento y de mortalidad estimados, estos parámetros deben ser lo menos incierto posible, con el fin de generar un resultado confiable.

Los valores de talla crítica obtenidos a través de los métodos de Hoening (1983), Jensen (1996), Gislason et al (2010) y Charnov et al (2012) se acercan a lo reportado en la literatura para *Venus antiqua* (**Tabla 9**). La talla crítica obtenida para almeja en Isla Manzano se encuentra entre el rango de 45-53 mm, muy cercano a la talla mínima de captura (55 mm).

Índices de Abundancia

Los índices que se pudieron obtener de acuerdo a la disponibilidad de datos, fueron para las zonas de Bahía de Ancud y sur de Chiloé. Para ambas zonas, y después del testeo de variados modelos con distintos factores e interacciones, los mejores ajustes se dieron para los modelos de distribuciones normales del error y con los factores Años, trimestre, categoría de profundidad e interacción entre año y profundidad. Si bien diversos algunos autores han descrito hiperestabilidad para este tipo de indicadores en pesquerías bentónicas (Hilborn & Walters, 1992; Erisman et al., 2011; Hamilton et al., 2016, Maggs y Mann, 2016), es necesario avanzar en la reconstrucción de los mismos y trabajarlos de manera rigurosa dado que son los indicadores disponibles para establecer un proceso de evaluación de stock. Sin embargo, y durante el desarrollo del proyecto, se testearon otros indicadores provenientes de estimaciones de biomasa a través de modelos de producción. En este análisis, los indicadores relativos de la abundancia de la almeja mostraron tendencias coherentes con las señales de la pesquería para ambas zonas, las cuales indican que desde el año 2010 han mostrado señales de agotamiento. Las estimaciones en índices de abundancias permiten inferir que existe una mayor dinámica espacial de los bancos de almeja al sur de Chiloé, comparados con los de la bahía de Ancud, en especial para los últimos años, los que coinciden con eventos de agotamiento.

Modelos de Evaluación de Stock

En relación a los modelos de evaluación de stock, el análisis permitió demostrar la aplicabilidad y versatilidad de los modelos de evaluación empleados. Se aplicaron en total 4 familias de modelos caracterizados en 6 denominaciones diferentes. Los modelos integrados consideraron series extensas de observaciones de tallas de las capturas e índices de abundancia. Se evaluaron modelos con dinámicas en tallas y edades (e.g. Fournier & Archibald 1982, Methot 1986, Kimura 1990, Quinn & Deriso 1999) y se probó el desempeño de estos con dos indicadores de abundancia alternativos: la CPUE y la biomasa estimada por el modelo de agotamiento CatDyn. Además de esto, se probó el desempeño de un modelo de conectividad espacial entre la zona norte y sur de la X Región y otro modelo de equilibrio con datos de tallas para pesquerías pobres en datos en la XI Región. Los análisis anteriores fueron complementados con el desempeño de un modelo agregado en biomosas.

Independientemente de las magnitudes poblacionales, todos los modelos mostraron desempeños similares en cuanto a caracterizar los principales procesos poblacionales que se han registrado en la

pesquería de almejas en toda la X región y XI región norte. La almeja tuvo una historia de gran explotación lo que determinó la abrupta disminución poblacional primero en la zona X norte y luego la zona X sur. La disminución de las capturas y la aparente alta resiliencia de la población, indican que el stock estaría saliendo de un período de baja abundancia favorecido además por el aparente ingreso de mejores clases anuales. Las evidencias más notables en esta recuperación sería el incremento en las tallas promedio de las capturas sin significativas disminuciones del índice de abundancia relativa CPUE. La condición poblacional del año más reciente si bien es incierta, las estimaciones indican que el stock en la X región podría estar aún con evidencias de sobre-explotación, pero próximo a una condición objetivo como es el 40% de la biomasa virginal. Por su parte en la XI Región, el diagnóstico, aunque limitado, indica una condición de sobre-explotación con un agotamiento equivalente al 22% de la biomasa virginal.

La selección del/los modelos no es un tema trivial sino más bien de práctica y funcionalidad. Modelos de conectividad espacial, si bien permiten explorar hipótesis de metapoblaciones, no resultan útiles para la evaluación de recursos si no se dispone de evidencias o medidas objetivas de conectividad. Modelos del tipo integrados con dinámica en edades o tallas son a menudo empleados para la evaluación y manejo de una gran variedad de recursos invertebrados en el mundo. Una de las ventajas de este tipo de modelos es su versatilidad para incorporar cualquier pieza de información e hipótesis en un marco de inferencia bayesiana, esto es particularmente útil cuando los datos no son completamente informativos y la percepción/conocimiento del analista cobra importancia fundamental. Este tipo de métodos de evaluación de stocks estadísticos permiten la re-estimación de los parámetros de entrada al modelo (Quinn & Deriso 1999), tales como mortalidad natural a la edad (Fournier et al., 1990), selectividad anual (Ebener et al., 2005) y parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (Taylor et al., 2005, Hernandez et al., 2011).

Considerando lo anterior y por su demostrada aplicabilidad en invertebrados del sur de Chile (Canales et al, 2014; Mardones et al 2019), para fines de elaborar un modelo operativo y evaluar estrategias de manejo de la almeja, se empleó como base un modelo edad-estructurado del tipo MODBENTO/MESTOCK/SS3. Se realizó el primer ejercicio de modelación de los stocks de almeja a través de la plataforma de evaluación Stock Shyntesis SS3 (Method & Wetzel, 2013) (v.3.13.10). Respecto a esta herramienta utilizada, cabe mencionar que contiene un marco altamente escalable desde situaciones débiles en datos donde opera como un modelo de producción estructurado por edad, hasta situaciones complejas donde puede incorporar de manera flexible múltiples fuentes de datos y cuentas para procesos biológicos y ambientales. SS3 implementa dinámicas de población compensatorias a través del uso de una función sobre el reclutamiento promedio para la producción reproductiva de los reproductores. Esta

función mejora la capacidad de SS para operar en situaciones débiles en datos y le permite estimar el manejo pesquero, como tasas que proporcionarían un Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), y emplear estas tasas en las predicciones de rendimiento potencial y estado del stock futuro. Es posible configurar situaciones complejas tales como múltiples áreas y múltiples morfologías de crecimiento. SS está codificado usando ADMB, por lo que hereda su capacidad para detectar cientos de parámetros usando la máxima verosimilitud o inferencia bayesiana. Según Methot (2009) uno de los principales beneficios de trabajar con esta plataforma de modelado es que mejora la comunicación, la eficiencia y la educación en la comunidad de evaluación pesquera. Reduce el tiempo que lleva producir un informe de evaluación gracias a un paquete de procesamiento de salidas “r4ss”. Además, reduce el riesgo de errores en los códigos, ya que son códigos probados y estandarizados. Para el caso de las poblaciones de almeja de este proyecto, la modelación se hizo en función de un modelo estructurado con datos en tallas y dinámica en edad, en donde se obtuvieron variables de estado similares a las obtenidas respecto a la modelación tradicional realizada por IFOP (Barahona et al., 2017; Techeira et al., 2018) y coherentes con los otros indicadores de la pesquería, lo cual indica que es un enfoque de trabajo que debiese ser considerado en proyectos futuros con este tipo de recursos.

De acuerdo a los resultados, la zona de la Bahía de Ancud es la que mostró mayores índices de un agotamiento de la población durante la mayor parte de la serie temporal analizada, con niveles de agotamiento promedio en torno al 20 % de la biomasa virginal. Sin embargo, esta situación está cambiando, mostrando una recuperación de la población, debido probablemente a la disminución de los niveles de mortalidad por pesca de los últimos años. Por su parte, en el sector sur de la Isla de Chiloé, si bien los niveles de mortalidad por pesca han sido altos durante la última década, los niveles de biomasa y su nivel de reducción respecto a su biomasa virginal, se encuentran cercanos a lo que podría ser un eventual objetivo de manejo, es decir una reducción de su potencial reproductivo al 40% del original. Con respecto a la aplicación de SS en ambas zonas de evaluación, los resultados en términos de magnitudes fueron similares a los resultados de los modelos estructurados, en términos de magnitudes de biomasa y estatus, salvo para el sector sur de Chiloé, en donde el estatus del recurso cambió respecto a los resultados anteriores, obteniéndose esta vez, un nivel de agotamiento cercano a lo que podría eventualmente ser un punto de referencia límite de manejo de esta pesquería, que es un 22% de reducción de su biomasa respecto a su biomasa virginal. Con respecto a la evaluación de stock de la zona norte de la Región de Aysén a través del modelo de datos pobres LBSPR, el modelo indica una condición de un 22% de potencial reproductivo para su biomasa desovante, que estaría 18 puntos por debajo de un eventual objetivo de manejo (SPR 40%). Con respecto al estatus de las poblaciones de almeja estudiadas a través de las distintas plataformas de

evaluación, cabe señalar que estos resultados son preliminares, y se tienen que analizar a la luz de las distintas señales de la pesquería y de esta forma discutir posibles y conjuntos razonables de parámetros y escenarios utilizados futuras evaluaciones (Kitakado et al., 2012).

Análisis de Estrategias de Manejo y Reglas de decisión

La selección de reglas de control para una pesquería no está limitada a encontrar simplemente “la mejor regla”, sino que comprende diversas aristas donde las reglas son determinadas con el fin de cumplir un objetivo o propósito de la pesquería. En base a esto las reglas de control analizadas es posible seleccionar distintas reglas dependiendo del caso. Los análisis realizados en la bahía de Ancud permitieron demostrar que, si el enfoque de la pesquería se centra principalmente en la conservación del recurso, las reglas de decisión basadas en un valor de referencia objetivo de CPUE 93 kg/hora (3.1 y 4.1) (40% de B0) resultan ser las más adecuadas, dados sus bajos niveles de desembarque (entre 1000 y 1150 toneladas), sumado al bajo riesgo de llevar la biomasa bajo el 40% del stock virginal (37% para ambos casos). Por el contrario, y si el propósito fuera obtener el mayor rendimiento, las reglas de esfuerzo de pesca constante (1.2) y captura constante (2.2) serían las más adecuadas, con un riesgo cierto de disminuir la biomasa de almejas bajo el 40% de la población virginal. Del análisis se determinó que la regla con el mejor desempeño es la de captura constante (2.1) de 1500 toneladas, la cual presenta sesgos de estimación menores al 10% (en biomasa y mortalidad por pesca), además de presentar un riesgo estimado equivalente al 20% de llevar la biomasa de almeja bajo el 40% del stock. Similar análisis en la XI Región bajo condiciones de data pobre, permitieron establecer que todas las estrategias basadas en la tendencia de la biomasa recuperan a la población, ya sean para estrategias empíricas basadas en esfuerzo, tallas, o en cierres de áreas. Las de mejor desempeño fueron las referidas a cierres de áreas y control de esfuerzo, mientras que las de peor desempeño fueron las basadas en tallas como control de esfuerzo.

Por otra parte, y como una extensión a este análisis, se determinó que una eventual reducción de la talla de primera captura a 45 mm de longitud de concha bajo las condiciones actuales de esfuerzo de pesca, si bien podría mejorar marginalmente el rendimiento de largo plazo, la condición de explotación de la biomasa reproductora podría reducirse incluso bajo el 40%B₀, con el consiguiente estado o riesgo de sobre-explotación. En este sentido, una talla mínima de captura de 45 mm resulta viable solo si el esfuerzo de pesca es reducido efectivamente bajo la condición actual, es decir, mientras no sea factible ejercer un control del esfuerzo de pesca en la región, o mejor aún, establecer un control en los niveles de capturas, la reducción de la talla de primera captura a 45 mm no parece recomendable desde un enfoque de manejo

precautorio. No obstante, tanto en la selectividad como el valor de mortalidad por pesca estimado, se ha considerado implícitamente un segmento de composiciones de tallas de individuos más pequeños que son orientados al proceso industrial, razón por la cual, y mientras estas capturas no se vean incrementadas con el consiguiente impacto en el patrón de selectividad, no se advierte mayor amenaza para la sustentabilidad de la población.

Análisis FODA

Finalmente, el análisis FODA permitió obtener información respecto a la percepción de diversos representantes de entidades relacionadas a la pesquería del recurso *Venus antiqua*. Dentro de las principales ventajas se destaca la buena aceptación del recurso en el mercado tanto nacional como extranjero, lo cual se ve reflejado por sus altas demandas. Además, la inexistencia de una veda permite mantener la extracción durante todo el año, y por ende satisfacer la importante demanda del mercado. En base a lo anterior, es trascendental que se siga potenciando la aceptación del mercado, mediante productos de buena calidad e inocuos. Por otra parte, sobre el 90% de los encuestados señaló que el recurso se encuentra en un estado de agotamiento actual, y la totalidad de ellos consideran que no existen medidas de manejo óptimas para el desarrollo de esta pesquería. En general para este recurso se lograron identificar más aspectos negativos que positivos. Se identificó un desconocimiento de la situación del recurso a nivel de usuarios, una pesquería vulnerable frente al fenómeno de marea roja y además un recurso con faltas de medidas de protección como son las vedas.

Considerando lo anterior, la pesquería cuenta con importantes fortalezas y oportunidades que deben ser potenciadas para poder minimizar las significativas amenazas y debilidades que enfrentan en la actualidad. Por tal motivo, se considera relevante aplicar medidas de manejo enfocadas a los usuarios. En primer lugar; fortalecer la organización, comunicación y liderazgo de los usuarios (capital social), lo que permitirá tomar decisiones en conjunto en aspectos económicos, sociales, gestión y administración. En segundo lugar; los usuarios deberían ser capacitados en el ámbito de elementos de biología y dinámica del recurso, en un lenguaje idóneo para su fácil comprensión. El aumento del conocimiento en estas materias va a contribuir directamente a las buenas prácticas y a la toma de decisiones conscientes. En tercer lugar, se requiere elevar las capacidades de negociación y de gestión de los pescadores artesanales en la(s) cadena(s) productiva(s) en que participan, dado que este problema fue percibido tanto en la encuesta como en el taller realizado con los pescadores participantes en esta pesquería. Finalmente, frente a fenómenos de marea roja, debe existir un plan de contingencia que les permita a los usuarios seguir teniendo ingresos

mediante otras alternativas. Esto disminuiría presión a la autoridad, evitaría conflictos y reduciría la migración a otros rubros laborales ajenos a la pesquería. Esta actividad también permitió identificar problemas en la parte de gestión, tales como la ausencia de una veda que proteja al recurso. Sin embargo, antes de tomar esta decisión se debe evaluar técnicamente si tienen un impacto significativo en la pesquería. Por otro parte, es relevante conocer el estado actual del recurso, dado que permitirá aplicar medidas de manejo óptimas para la pesquería. Las medidas de manejo propuestas y explicadas con anterioridad son el primer paso para la sustentabilidad de esta pesquería.

11. CONCLUSIONES

Considerando la totalidad de resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto FIP 2018-32 “Estrategias de manejo de la pesquería de la almeja *Venus antiqua* en la Región de los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo”, se puede concluir lo siguiente:

- A pesar del alto número de áreas de procedencias de pesca en el periodo 2000 – 2018 que los pescadores explotaron en la zona de estudio, aquellas áreas que superan el centenar sobre el 80% de la captura por puerto, corresponden a un número reducido de ellas.
- La revisión bibliográfica evidencia que estudios asociados a este recurso no son recientes, más allá del monitoreo continuo de la actividad extractiva que ha ejecutado el IFOP a través de los años y que se mantiene en la actualidad.
- Se ha presentado un aumento en la talla individual promedio para la zona de estudio, en lo que parecen ser dos bloques, entre el 2003 – 2008, y en los últimos años, particularmente desde el 2014 hasta 2016. Este hecho está probablemente asociado a cambios en patrones de selectividad.
- Es posible apreciar diferencias significativas cuando se analizan las zonas determinadas en la metodología, tanto para peso como para talla. Estos resultados indican que las variables biológicas de esta especie son afectadas por la localidad particular en la que se encuentran.
- Para el total de procedencias analizadas se calculó un L_{∞} promedio de $78.4 \text{ mm} \pm 3.04$, un $k = 1.94$ y un $L_0 = 33.9 \text{ mm}$. No obstante, existen claras diferencias entre procedencias, sin presentar una variación latitudinal.
- Los datos de marcaje y recaptura mostraron grandes diferencias entre los individuos de Ancud e Isla Manzano, particularmente en sus parámetros de crecimiento. Sin embargo, la falta de ejemplares de mayor tamaño en Ancud impidió una correcta estimación de parámetros.
- En base a lo obtenido, se determinó que individuos de la zona sur de estudio (isla Manzano) crecen en promedio 6.67 mm más al año que aquellos de la zona norte (Ancud), una vez alcanzados los 55 mm .
- La Mortalidad Natural estimada para el recurso en base a la data histórica arrojó un valor promedio de 0.26 según el modelo de Brey & Cage, valor alejado de la relación Beverton y Holt.
- Por otra parte, el valor de M obtenido a partir del proceso de marcaje y recaptura se estimó en 0.21 para Ancud y 0.33 para isla Manzano según el método de Jensen. Valor que se acerca en mejor medida a la relación de Beverton y Holt. Si bien se menciona que el método de Brey & Cage es el más

adecuado para recursos invertebrados bentónicos, los valores calculados con este modelo no se ajustan a la invariante M/k .

- Los valores de talla crítica obtenidos a través de los métodos de Hoening (1983), Jensen (1996), Gislason et al (2010) y Charnov et al (2012) para los datos de marcaje y recaptura, se acercan a lo reportado en la literatura para *Venus antiqua*.
- El seguimiento biológico permitió ahondar en el conocimiento de madurez del recurso almeja y sus diferencias entre las zonas estudiadas, donde las almejas de isla Manzano tienen una talla de primera madurez ligeramente menor (41.8 mm) a la de almejas de Ancud (43.2 mm).
- Los indicadores relativos de la abundancia CPUE de la almeja mostraron tendencias coherentes con las señales de la pesquería para las zonas Bahía de Ancud y sur de Chiloé. Si bien los rendimientos promedios de la zona sur de la isla de Chiloé son mayores que los de la Bahía de Ancud, las tendencias de este índice para ambas zonas analizadas muestran un decaimiento de las señales en los últimos años de operación de la pesquería, particularmente desde el 2010.
- En base a los índices de abundancias estimados por el CatDyn, se determinó que la tasa de captura de almeja respecto a su abundancia puede ser proporcional o hiper-estable dependiendo de la temporada para ambas zonas de análisis.
- En general existe una mayor dinámica espacial en Quellón (sur de Chiloé) comparado con Ancud, especialmente en los últimos años
- Modelos de conectividad espacial, si bien permiten explorar hipótesis de metapoblaciones, no resultan útiles para la evaluación de recursos si no se dispone de evidencias o medidas objetivas de conectividad.
- Si bien la condición poblacional del año más reciente es incierta, las estimaciones indican que el stock en la X región podría estar aún con evidencias de sobre-explotación, pero próximo a una condición objetivo (i.e. 40% de biomasa virginal).
- La selección del/los modelos no es un tema trivial sino más bien de práctica y funcionalidad, por lo tanto, deben ser consideradas las circunstancias en las que los modelos son empleados, así como la información disponible.
- El RMS actual de la pesquería en la Bahía Ancud se estima en 2,3 mil toneladas mientras que un proxy como es al 40%B0 se estima en 2,2 mil toneladas.
- La regla de decisión a seleccionar para una pesquería depende de cada caso y del objetivo que se tenga como prioridad, pudiendo ser este la conservación del recurso, obtener el mayor rendimiento, o buscar el equilibrio entre estos.

- La regla que posee mejor desempeño corresponde a la 2.1, la cual presenta bajos niveles de sesgo, bajo riesgo de llevar la biomasa de almeja bajo el 40% del stock, y captura constante baja (1500 ton), lo cual la define como una regla que aboga por la conservación del recurso.
- Al evaluar la talla de primera captura, en base a la evaluación de stock de Ancud se determinó que tallas de primera captura entre 50 - 60 mm de longitud permitirían maximizar el rendimiento de largo plazo.
- Una reducción de la talla de primera captura a 45 mm, si bien significa mejorar marginalmente el rendimiento de largo plazo, conduciría a la biomasa a valores iguales o inferiores al 40%Bo, y por ende sujeto a un gran riesgo de caer en condiciones de sobre-explotación, por lo que no es recomendable desde un enfoque precautorio.
- El análisis FODA permitió demostrar que las principales fortalezas percibidas se centran en la aceptación del recurso en el mercado, así como en la capacidad de mantener la pesquería abierta todo el año.
- Por otra parte, se identificó la importancia de ahondar en la generación de planes de manejo óptimos para el recurso, además de profundizar en la capacitación y entrega de conocimiento del recurso a usuarios de la pesquería, factor sumamente importante al momento de tomar decisiones consientes y aplicar buenas prácticas.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Automat. Contr. AC-19(6), 716-723.
- Anderson, S.C., Monnahan, C.C., Johnson, K.F., Ono, K. and Valero, J.L. 2014. ss3sim: an R package for fisheries stock assessment simulation with Stock Synthesis. PLoS One 9, e92725.
- Appeldoorn, R. S., 1988. Ontogenetic Changes in Natural Mortality rate of Queen Conch. *Strombus gigas*, (Mollusca: Mesogastropoda). Bulletin of Marine Science. 42(2), 159-165.
- Araya, P. y N. Barahona. 2013. Pesquería del recurso almeja *Venus antiqua*. Reporte Técnico. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas. Proyecto 1.7. Convenio I Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura. Subsecretaría de economía. IFOP.
- Ariz, L, Gonzalez, Pezo, V., Saavedra, R., and Subiabre, D. 2009. Plan de manejo de las pesquerías bentónicas en la Zona de Común de Extracción de Ancud, X región. 1-379 pp.
- Balboa, C., Molinet, C., Barahona, N., Díaz, P., Subiabre, D., Gebauer, P. (2018). Balboa, C., Molinet, C., Barahona, N., Díaz, P., Subiabre, D., Gebauer, P., Accepted, Using growth ring formation to study growth patterns of exploited sea urchin (*Loxechinus albus*) populations. Fisheries Research. Fisheries Research, 201 88-97.
- Bannerot. S.P., and C.B. Austin. 1983. Using frequency distributions of catch per Unit effort to measure fish stock abundance. Trans. Amer. Fish. Soc. 112: 608-617.
- Barahona. N., Olgúin, A., Araya, P., Muñoz, G., Young, Z., Pezo, V., Navarro, C., Vargas, C., Salas, N., Vicencio, C., Subiabre, D., Molinet, C., Díaz, M., Díaz. P. & Millanao, M. 2014. INFORME FINAL Convenio I: Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2013 Proyecto 1.7: Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2013 SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT. 430 pp.
- Barahona, N., Olguin, A., Araya, P., Muñoz, G., Montes, A, Young, Z, Pezo, V., et al. 2013. Asesoría Integral para la Toma de Decisiones en Pesca y Acuicultura, 2012. Actividad 2: Seguimiento Pesquerías Bentónicas en sectores de libre acceso, 2012. p. 463. Ed. by I. d. F. Pesquero. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.

- Barahona, N., Araya, P., Gallo, O., Olgúin, A., Estay, C., Mardones, M., Cavieres, J., Muñoz, G., Molinet, C., Díaz, P., Díaz, M. 2017. INFORME FINAL Convenio de Desempeño, 2016, Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2016 SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT.
- Beddington, J.R., Kirkwood, G.P. 2005. The estimation of potential yield and stock status using life-history parameters. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 360, 163-170.
- Beverton RJH & SJ Holt. 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. En: Wolstenholme GEW & M O'Connor (eds). CIBA Foundation Symposium (Colloquia on Ageing). 5. The lifespan of animals, pp. 142- 180. J & A Churchill, London.
- Borzzone, 1988. Contenido gástrico de la almeja (*Venus antiqua antiqua* King y Broderip, 1835) en Ancud, Chile (Mollusca: Veneridae). *Investigacion Pesquera (Santiago)*. 1987; 34: 139-147, 1988
- Brandão, A., Butterworth, D.S., Johnstone, S.J., Glazer, J.P., 2004. Using a GLMM to estimate the somatic growth rate trend for male South African west coast rock lobster, *Jasus lalandii*. *Fish. Res.* 70, 339-349.
- Brey, T., Gage, J. 1997. Interactions of growth and mortality in benthic invertebrate populations: empirical evidence of a mortality-growth continuum. *Archive of Fisheries and Marine Research*. 45,45-59.
- Brooks, E.N., Powers, J.E., and Cortes, E. 2010. Analytical reference points forage-structured models: application to data-poor fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* 67:165–175. doi:10.1093/icesjms/fsp225.
- Bustos, E., S. Guarda, C. Osorio; E. Lozada, I. Solís, M. Díaz y E. Valenzuela. 1981. Estudio Biológico Pesquero del Recurso Almeja en la Bahía de Ancud. II. Investigaciones específicas. Informe a Serplac X Región. Santiago, Chile, IFOP.
- Bustos, E., L. Rodríguez y R. Vega. 2013. Estado de madurez, fecundidad, edad y talla crítica para *Venus antiqua* (King y Broderip, 1835) de la X Región de Los Lagos. Informe Empresas. Universidad Santo Tomas, Puerto Montt
- Butterworth, DS, Punt, AE. 2003. MSYR – should the information which has become available since selections were made for RMP development in 1987 have changed perceptions on the likely range and relative plausibilities of values for this parameter for baleen whales? IWC Document SC/55/RMP10.
- Caddy, J. 1975. Spatial model for an exploited shellfish population, and its application to Georges Bank scallop fishery. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32: 1305–1328.

- Caddy, J. F. 1989. Recent Developments in research and management for wild stocks of bivalves and gastropods. In *Marine Invertebrate Fisheries: Their Assessment and Management*, 1st edn, pp. 665-700. Ed. by J. F. Caddy. Wiley, New York.
- Canales C.M., Arana, P., 2009. Growth, mortality, and stock assessment of the golden crab (*Chaceon chilensis*) population exploited in the Juan Fernández archipelago, Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 37(3), 313-326.
- Canales, C., N. Barahona, P. Araya, J. Cavieres, G. Muñoz y C. Techeira, 2013. Evaluación de la población de almeja (*Venus antiqua*) explotada en la bahía de Ancud, Chiloé, 1965-2011 (Taller Evaluación de Stock, 24-26 de septiembre, 2013). REPORTE TÉCNICO. Proyecto 1.7 Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2013. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, 2013: 48 pp.
- Canales, C.M., Company, J.B., Arana, P.M. 2016a. Spatio-temporal modelling of the maturity, sex ratio, and physical condition of nylon shrimp *Heterocarpus reedi* (Decapoda, Caridea), off Central Chile. *Fish. Res.* 179, 1-9.
- Canales, C.M., Company, J.B., Arana, P.M., 2016b. Using a length-based stock assessment model to evaluate population structure hypotheses of nylon shrimp *Heterocarpus reedi* (Decapoda, Caridea) exploited off central Chile. *Fish. Res.*, 183: 360-370.
- Charnov, E.L., Gislason, H., Pope, J.G., 2012. Evolutionary assembly rules for fish life histories. *Fish and Fisheries*. 14: 213-224.
- Clark, W. G. W. 2002. F35% revisited ten years later. *North American Journal of Fisheries Management*, 22: 251–257.
- Clasing, E., Brey, T., Stead, R., Navarro, J., and Asencio, G. 1994. Population dynamics of *Venus antiqua* (Bivalvia: Veneracea) in the Bahía de Yaldad, Isla de Chiloé, Southern Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 177: 171-186.
- Coelho, R., Infante, P., Santos, M.N., 2013. Application of Generalized Linear Models and Generalized Estimation Equations to model at-haulback mortality of blue sharks captured in a pelagic longline fishery in the Atlantic Ocean. *Fish. Res.* 145, 66-75.
- Díaz, P, G. Álvarez, D. Varela, I. Pérez-Santos, M. Díaz, C. Molinet, M. Seguel, y otros. 2019. Impacts of harmful algal blooms on the aquaculture industry: Chile as a case study *Perspectives in Phycology*. 12pp.

- Dowling, NA, Punt, AE, Little, LR, Dichmont, C, Smith, DC, Haddon, M, Sporcic, M, Fulton, EA, Gorton, RJ. 2016. Assessing a multilevel tier system: the role and implications of data quality and availability. *Fish. Res.* 183: 588-593.
- Ebener M, J Bence, K Newman & P Schneeberger. 2005. Application of statistical catch-at-age models to assess Lake Whitefish stocks in the 1836 treaty-ceded waters of the upper Great Lakes. En: Mohr L & T Nalepa (eds). *Proceedings of a workshop on the dynamics of lake whitefish (Coregonus clupeaformis) and the amphipod Diporeia spp. in the Great Lakes.* Great Lakes Fish Commission Technical Report 66: 271-309.
- Erisman, B.E., Allen, L.G., Claisse, J.T., Pondella II, D.J., Miller, E.F. and Murray, J.H. 2011. The illusion of plenty: hyperstability masks collapses in two recreational fisheries that target fish spawning aggregations. *Canadian Journal of Aquatic Sciences* 68, 1705– 1716.
- Faraway, J.J. 2006. *Extending the Linear Model with R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models.* Texts in Statistical Science Series. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, Florida, 331pp.
- Fletcher, R. I. 1978. On the re-structuring of the Pella-Tomlinson system. *Fish. Bull. (U.S.)* 76:515-534.
- FONDEF D99I1073 .1999. Estudio biológico pesquero de los recursos almeja, navajuela y huepo en la VIII y X regiones.
- Fournier D & C Archibald. 1982. A general theory for analyzing catch at age data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39: 1195-1207.
- Fournier D, J Sibert, J Majkowski & J Hampton. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for Bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47: 301-317.
- Fournier, D. 2011. *An introduction to AD Model Builder for use in nonlinear modeling and statistics, version 10.0.* ADMB Foundation, Honolulu.
- Gallardo, C. y A. Weber. 1996. Histología ciclo gonadal de *Venus antiqua* (King & Broderip, 1835) (Mollusca: Bivalvia: Veneridae) en Bahía Metri, Seno de Reloncaví, Chile. *Rev. Biología Pesquera* N° 25:41-50.
- Gayanilo, F.C. Jr., P. Sparre & D. Pauly. 1996. *FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT) user's manual.* FAO Computerized Information Series (Fisheries) 8, FAO, Rome. 126 pp.

- Gislason, H., Daan, N., Rice, J.C., Pope, J.G., 2010. Size, growth, temperature and the natural mortality of marine fish. *Fish and Fisheries*. 11, 149-158.
- González, J. y N. Barahona. 2007. Estado de situación de la pesquería del recurso almeja (*Venus antiqua*), en la X Región. IFOP.
- Goodyear, C. P. 1993. Spawning stock biomass per recruit in fisheries management: foundation and current use. p. 67-81. In S. J. Smith, J. J. Hunt and D. Rivard [ed.] Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 120.
- Gulland, J. A., Holt, S. J. 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *Journal of Conservation CIEM* 25: 47-49.
- Haddon, M. J. 2011. *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL, second edition.
- Hamilton, R. J., Almany, G. R., Stevens, D., Bode, M., Pita, J., Peterson, N. A. & Choat, J. H. 2016. Hyperstability masks declines in bumphead parrotfish (*Bolbometopon muricatum*) populations. *Coral Reefs* 35, 751–763.
- Hernández, A. F., Cubillos, L. A. & Quiñones, R. A. 2011. Evaluación talla estructurada de los stocks de *Ensis macha* y *Tagelus dombeii* en el Golfo de Arauco, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 46, 157– 176.
- Hewitt, D. & Hoenig, J.M. 2005. Comparison of two approaches for estimating natural mortality based on longevity. *Fishery Bulletin*, 103(2): 433-437.
- Hilborn, R. & Walters, C.J. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman and Hall, New York. 570 pp.
- Hilborn, R. 2003. The state of the art in stock assessment: where we are and where we are going. *Sci. Mar.*, 67 (Suppl. 1): 15-20.
- Hoenig, J. M., 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fisheries Bulletin*. 82, 898-903.
- Hordyk, A., Ono, K., Valencia, S., Loneragan, N., and Prince, J. 2015. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. – *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fsu004.

- Hurtado-Ferro F, Szuwalski CS, Valero JL, Anderson SC, Cunningham CJ, Johnson KF, Licandeo R, McGilliard CR, Monnahan CC, Muradian ML, Ono K, Vert-Pre KA, Whitten AR, Punt AE. 2015. Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models. *ICES J. Mar. Sci.* 72(1): 99-110.
- Hutchings, J. A, and Fraser, D. J. 2008. The nature of fisheries-and farming-induced evolution. *Molecular Ecology*, 17: 294-313.
- Jara, F., 1996. *Xanthochorus cassidiformis* (Gastropoda, Muricidea): a key predator in soft bottom communities from southern Chile. *Proc. Of the 4th ICMAM, J. Med. Appl. Malacol.* 8 (1), 85.
- Jaramillo E.; O. Garrido; C. Gallardo & H. Contreras. 2003. Bases biológicas para el ordenamiento de las pesquerías de almeja en la X y XI Regiones. Informe Final, proyecto FIP 2001-27. Fondo de Investigación Pesquera-Universidad Austral de Chile. 81 pp + tablas y figs.
- Jaramillo JR & J Navarro. 1995. Reproductive cycle of the Chilean Ribbed Mussel *Aulacomyaater* (Molina, 1782). *Journal of Shellfish Research* 14: 165-171.
- Jensen, A. L., 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal tradeoff of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 53, 820-822.
- Jerez G. 1991. Evaluación de stock recurso almeja Bahía Ancud. Informe Técnico IFOP-SSP.
- Jerez G., N. Ehrhardt, A. Reyes y A. González, 1997. Evaluación indirecta del stock de almejas en la X Región. IFOP. FIP N° 94 – 30.
- Jerez, G., and Figueroa, M. 2008. Desafíos y perspectivas de la repoblación de moluscos bivalvos en Chile. In *Taller Latinoamericano: Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: Factores que afectan su sustentabilidad en Latinoamérica*, pp. 223-235. Ed. by A. F. I. U. A. Lovatelli. FAO, Puerto Montt.
- Jiménez, S., Phillips, R. A., Brazeiro, A., Defeo, O., Domingo, A., 2014. Bycatch of great albatrosses in pelagic longline fisheries in the southwest Atlantic: contributing factors and implications for management. *Biol. Conserv.* 171, 9-20.
- Kell, L.T., De Oliveira, J.A.A., Punt, A.E., McAllister, M.K. and Kuikka, S. 2006. Operational management procedures: an introduction to the use of evaluation frameworks. In: *The Knowledge Base for Fisheries Management* (eds L. Motos and D. Wilson). Elsevier Limited, Berlin, pp. 379– 407
- Kesteven, G. L. 1973. *Manual of fisheries sciences. Part 1. An introduction and fisheries sciences.*

- Kimura D. 1990. Approaches to age-structured separable sequential population analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47(12): 2364-2374.
- Kitakado, T. E, Takashima, Takayuki, M., I. Takahiro & Nishida, T. 2012. First attempt of stock assessment using Stock Synthesis III (SS3) for the Indian Ocean albacore tuna (*Thunnus alalunga*) Working paper for the IOTC temperate tuna working party August 2012. IOTC-2012-WPTmT4-11.
- Lee, H.-H., Maunder, M.N., Piner, K.R., Methot, R.D., 2011. Estimating natural mortality within a fisheries stock assessment model: an evaluation using simulation analysis based on twelve stock assessments. *Fish. Res.* 109, 89–94.
- Lozada, E., and Bustos, H. 1984. Madurez sexual y fecundidad de *Venus antiqua antiqua* King & Broderip 1835 en la bahía de Ancud (Mollusca: Bivalvia: Veneridae). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 20 91-112
- Mace, P. M., Sissenwine M. P. 1993. How much spawning per recruit is enough? p. 101-118. In S. J. Smith.
- Mardones, M. 2019. Reporte Evaluación de stock Erizo X y XI regiones, Chile.
- Martoja, R., Martoja-Pierson, M., 1970. Inition aux techniques de l'histologie animales. Masso, et Cie (ed), Paris, 345 pp.
- McCullagh, P., Nelder, J. A., 1989. *Generalized linear models II*. London: Chapman and Hall.
- Methot R. 1986. Synthetic estimates of historical abundance and mortality for northern anchovy, *Engraulis mordax*. *American Fisheries Society Symposium* 6: 66-82.
- Methot, R. D. 2009. 'User Manual for Stock Synthesis. Model Version 3.02C.' (NOAA Fisheries: Seattle, WA.)
- Methot, R., C. Wetzel. 2013. Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research* 142: 86–99. doi:10.1016/j.fishres.2012.10.012.
- Molinet, C., Niklitschek, E., Arevalo, A., Codjambassis, J., Almanza, V., González, M. T., and Matamala, M. 2010. Patch structure of benthic resources exploited in Chilean management areas: the shellfish bed concept under a territorial use rights for fishers framework. *Bulletin of Marine Science*, 86: 555-569.
- Molinet, C., Barahona, N., Yannicelli, B., González, J., Arévalo, A. and Rosales, S. 2011. Statistical and empirical identification of multiespecies harveting zones to improve monitoring, assessment, and management of benthic fisheries in southern Chile. *Bulletin of Marine Science*, 87, 351-375.

- Molinet, C., Balboa, C., Moreno, C. A., Diaz, M., Gebauer, P., Nilditschek, E., and Barahona, N. 2013. Variability in the growth patterns of *Loxechinus albus* along a bathymetric gradient associated with a fishing ground. *Bulletin of Marine Science*, 89: 699-716.
- Molinet, C., Roa-Ureta, R., Canales, C., Henríquez, J., Díaz, M., Godoy, C., Muñoz, N., Subiabre, D., Castillo, M. 2018. Caracterización de la pesquería y evaluación de stock del recurso Pulpo del Sur en la X región. FIPA 2016-41. Universidad Austral de Chile.
- Molinet, C., Roa-Ureta, R., Canales, C., Henríquez, J., Gómez, M., Sánchez, N., Adasme, N., Matamala, T., Castillo, M. 2019. Evaluación de la aplicación de metodologías de evaluación indirecta de stock de pesquerías bentónicas como insumo para el manejo pesquero. FIPA 2017-55. Universidad Austral de Chile.
- Olavarría, E., A. Farías e I. Uriarte. 1996. Morfometría y tasas de crecimiento larvario y post larvario de los bivalvos *Venus antiqua* (King & Broderip, 1835) y *Gari solida* (Gray, 1828) cultivados en laboratorio. *Rev Biol. Mar., Valparaíso*, 31 (2): 107 – 116.
- Olguín A. y G. Jerez, 2003. Chile. Especies Bentónicas de Importancia Comercial. Serie - Chile: Recursos Pesqueros N° 1, 2003, IFOP.
- Orensanz, J. M. 1986. Size, environment, and density: The regulation of a scallop stock and its management implications, In *North Pacific Workshop on Stock Assessment and Management of invertebrates*, pp. 195-227. Ed. by G. S. J. a. N. Bourne.
- Orensanz, J. M., and Jamieson, G. S. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks: an overview of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stocks Assessment and Management. In *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stocks Assessment and Management*, Jamieson, G.S., Campbell, A. (Eds.). *Can. Spec. Pub. Fisher, Aquat. Sci.* 125, 441-459.
- Orensanz, J.M., Parma, A.M., Turk, T., Valero, J., 2006. Dynamics, assessment and management of exploited natural populations. In: *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Shumway, S., Parsons, G.J. (Eds.). Elsevier, 765-867.
- Osorio, C., J Atria y S. Mann, 1979. Moluscos marinos de importancia económica en Chile. *Revista Biología Pesquera Chile* 11: 3- 47.
- Osorio C. y N. Bahamonde, 1968. Los moluscos bivalvos de las pesquerías chilenas. *Biol. Pesq.Chile* 3: 69-128.

- Osorio, C., 2002. Moluscos marinos en Chile especies de importancia económica. Facultad de Ciencias Univ. De Chile.
- Pawitan, Y. 2001. In *All Likelihood: Statistical Modelling and Inference Using Likelihood*. Oxford Science Publications, Clarendon Press, Oxford. 525 pp.
- Pérez-Ruzafa, A., Gonzalez-Wangüemert, M., Lenfant, P., Marcos, C, and Garcia-Charton, J. A. 2006. Effects of fishing protection on the genetic structure of fish populations. *Biological Conservation*, 129: 244-255. 0006-3207
- Pilling, G.M., Apostolaki, P., Failler, P., Floros, C., Large, P.A., Morales-Nin, B., Reglero, P., Stergiou, K.I. and Tsikliras, A.C., 2008. Assessment and management of data-poor fisheries. In: *advances in fisheries science: 50 years on from Beverton and Holt*, Payne, A., L. Cotter and T. Potter (Eds.). Blackwell Publishing, New York, pp. 280-305.
- Pope, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Res. Bull. Int. Comm. Northw. Atl. Fish.* 9: 65-74.
- Punt, A.E., Kennedy, R.B., 1997. Population modelling of Tasmanian rock lobster, *Jasus edwardsii*, resources. *Mar. Freshw. Res.* 48, 967-980.
- Punt A. E., Smith A. D. M., Cui G. 2002. Evaluation of management tools for Australia's South East Fishery. 3. Towards selecting appropriate harvest strategies. *Marine and Freshwater Research*, 53: 645–660.
- Punt, A. 2008. Refocusing stock assessment in support of policy evaluation. *Fisheries for Global Welfare and Environment*. pp. 139-152.
- Punt, A.E, Huang, T., Maunder, M.N., 2013. Review of integrated size-structured models for stock assessment of hard-to-age crustacean and mollusc species. *ICES J. Mar. Sci.*, 70, 16-33.
- Quinn T., R Deriso. 1999. *Quantitative fish dynamics*, 542 pp. Oxford University Press, New York.
- R Development Core Team. 2003. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reyes, A., N. Barahona, A., Carmona, C. Rojas, E. Arias, y E. Lozada. 1993. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónica, 1992. Informe técnico CORFO-IFOP. SEG/IFOP 93/7.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, Bulletin 191, Ottawa.

- Roa-Ureta, R.H., Molinet, C., Barahona, N., and Araya, P. 2015. Hierarchical statistical framework to combine generalized depletion models and biomass dynamic models in the stock assessment of the Chilean sea urchin (*Loxechinus albus*) fishery. *Fisheries Research*, 171: 59 – 67.
- Sainsbury K. J., Punt A. E., Smith A. D. M. 2000. Design of operational management strategies for achieving fishery ecosystem objectives. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 731–741.
- Schuhbauer, A., Brickle, P., and Arkhipkin, A. I. 2010. Growth and reproduction of *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea) at the southerly peripheries of their species range, Falkland Islands (South Atlantic). *Marine Biology*, 157: 1837-1847.
- Seguel, M., Molinet, C., Diaz, P., and Varela, D. A. 2011. Desarrollo de herramientas de manejo para la planificación de cosechas de bancos naturales de recursos bentónicos contaminados con biotoxinas marinas: Informe final. 128 pp.
- Sparre, P., Venema, S.C. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. FAO Doc. Téc. Pesca, (306): Revisión 1, Valparaíso. 420 p.
- Stead, R. A., Clasing, E, Navarro, J. M., and Asenci01 G. 1997. Reproductive cycle and cohort formation of *Venus antiqua* (Bivalvia: Veneridae) in the intertidal zone of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70:181-190.
- Sullivan, P.J, Lai, H.L., Gallucci, V., 1990. A catch-at-length analysis that incorporates a stochastic model of growth. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47, 184-198.
- Swain, D. P., Sinclair, A. F., and Mark Hanson, J. 2007. Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274: 1015-1015.
- Taylor N, C Walters & S Martell. 2005. A new likelihood for simultaneously estimating von Bertalanffy growth parameters, gear selectivity, and natural and fishing mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62: 215-223.
- Techeira, C., Cortes, C., Ibarra, M., Canales, C., Wilson, A., Pizarro, P., Mardones, M., Araya, P., Gallo, O., Romero, M. 2017. Actualización de la estimación de parámetros biológicos y de crecimiento de loco en las principales zonas de extracción. Informe final FIPA N° 2014-07. 533 pp.
- Techeira, C., M. Mardones, C. Cortes, A. Barahona, Romero, P., Vicencio, C., P. Araya, and O. Gallo. 2018. Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas bajo Planes de Manejo, año 2017. IFOP.

- Then, A.Y., Hoenig, J.M., Hall, N.G., Hewitt, D.A., 2014. Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on over 200 fish species. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*.
- Turnock, B.J., Rugolo, L.J., 2013. Stock assessment of eastern Bering Sea snow crab. In: Stock assessment and fishery evaluation report for the king and tanner crab fisheries of the Bering Sea and Aleutian Islands Regions. North Pacific Fishery Management Council, Anchorage, AK, USA, pp. 37-168.
- Urban, H. J. 1996. Population dynamics of the bivalves *Venus antiqua*, *Tagelus dombeii*, and *Ensis macha* from Chile at 36° S. *Journal of Shellfish Research*. 15: 719-727.
- Walters, C. J. and Martell, S. J. D. 2004. *Fisheries ecology and management*, Princeton University Press, Princeton.
- Yoshida, M., 1952. Some observations on the maturation of the sea urchins, *Diadema setosum*. *Annotationes Zoologicae Japonenses*. 25, 265-271.
- Zagal, C. y C. Hermosilla. 2001. *Guía de invertebrados marinos del litoral valdiviano*. Quebecor World. Santiago, Chile.
- Zheng, J., Siddeek, M.S.M. 2011. Bristol Bay red king crab stock assessment in fall 2011. In: Stock assessment and fishery evaluation report for the king and tanner crab fisheries of the Bering Sea and Aleutian Islands Regions. North Pacific Fishery Management Council, Anchorage, AK, USA, pp. 169-283.
- Zhou, S., Yin, S., Thorson, J., Smith, T., Fuller, M., 2012. Linking fishing mortality reference points to life history traits: an empirical study. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69, 1292–1301.
- Zúñiga, O. 2002. *Guía de biodiversidad, Vol 1*. Departamento de Acuicultura Facultad de Recursos del Mar Universidad de Antofagasta.

13.ANEXOS

Anexo 1. Detalles del modelo MESTOCKL

Procesos	Ecuación
<p><u>Sobrevivencia</u></p> <p>a es la edad y t es el año. A es la edad</p>	$N_{a,t} = N_{a-1,t-1} S_{a-1,t-1}$ $N_{A,t} = N_{a-1,t} S_{a-1,t-1} + N_{A,t-1} S_{A,t-1}$ $S_{a,t} = \exp(-Z_{a,t})$
<p><u>Mortalidad total</u></p> <p>F_t es el efecto anual o mortalidad por pesca de completo reclutamiento.</p> <p>M es la mortalidad natural anual y Ψ la selectividad</p>	$Z_{a,t} = M + F_t \psi_a$
<p><u>Selectividad</u></p> <p>Donde $A50$ es la edad al 50% de retención y s el parámetro de dispersión</p>	$\psi_{a,t} = \begin{cases} \exp\left[-\frac{(a - A50)^2}{2s_1^2}\right] & a \leq A50 \\ \exp\left[-\frac{(a - A50)^2}{2s_2^2}\right] & a > A50 \end{cases}$
<p><u>Población inicial</u></p> <p>(en equilibrio)</p>	$N_{a,t=1} = R_0 e^{-\sum_{i=1}^{a-1} Z_{i,1}}$ $N_{A,t=1} = N_{A,t=1} / (1 - e^{-Z_{A,1}})$ $BD_0 = \sum_l (P_{l,a} N_{a,t=1}) w_l O_l$
<p><u>Reclutamiento anual</u></p> <p>$\sigma_R^2 = 0.6$</p> <p>$h=0.75$ (supuesto)</p>	$N_{a=1,t>1} = \frac{\alpha BD_{t-1}}{\beta + BD_{t-1}} e^{\delta_t + 0.5\sigma_R^2}$ $\alpha = \frac{4hRo}{(5h-1)}; \beta = \frac{(1-h)BD_0}{(5h-1)}$
<p><u>Capturas estimadas en edad y año</u></p>	$\hat{C}_{a,t} = \frac{F_{a,t}}{Z_{a,t}} N_{a,t} (1 - S_{a,t})$
<p><u>Capturas estimadas por tallas y año</u></p>	$\hat{C}_{l,t} = P_{l,a} C_{a,t}$

<p><u>Probabilidad de la talla a la edad</u></p> <p>Donde:</p> <p>l es la talla, L_{00} y k los parámetros de crecimiento (k anual), σ la desviación de la talla a la edad y cv el coeficiente de variación.</p>	$P_{l,a} = \int_{l_1}^{l_2} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_a^2}(l-L_a)^2\right\} dl$ $L_a = L_{00}(1 - e^{-k}) + e^{-k}L_{a-1}$ $\sigma_a = \phi + cv L_a$
<p><u>Desembarques en peso</u></p> <p>w_l es el peso teórico a la talla supuesto invariante entre años</p>	$\hat{Y}_t = \sum_l C_{l,t} w_l$
<p><u>Biomasa anual y desovante</u></p> <p>O_l corresponde a la ojiva de madurez sexual a la talla.</p> <p>BD es la biomasa desovante</p>	$B_t = \sum_l (P_{l,a} N_{a,t}) w_l$ $BD_t = \sum_l (P_{l,a} [N_{a,t} e^{-0.91Z_{a,t}}]) w_l O_l$
<p><u>Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE)</u></p> <p>q es la capturabilidad</p>	$CPUE_t = q \left[\sum_l P_{l,a} (N_{a,t} \psi_a e^{-0.5Z_{a,t}}) w_l \right]$
<p><u>Proporción de la captura a la talla</u></p>	$\hat{p}_{l,t} = \frac{P_{l,a} \hat{C}_{a,t}}{\sum_l P_{l,a} \hat{C}_{a,t}}$
<p>Modelo de los errores</p>	<p>-log-verosimilitud</p>
<p><u>Índice de abundancia y desembarques</u></p> <p>σ_I es la desviación estándar del índice o desembarques en escala logarítmica (logaritmo natural)</p>	$-l(I) = \frac{1}{2\sigma_I^2} \sum_t \left(\frac{\log \hat{I}_t}{\log I_t} \right)^2 + cte$
<p><u>Proporción de la captura a la talla</u></p> <p>Corresponde a las capturas a la talla o de edades, y n^a es el tamaño de muestra efectivo empleado para las edades y n^l para las tallas.</p>	$-l(p) = n p_{l,t} \ln \hat{p}_{l,t}$

Anexo 2. Detalles del modelo MODTALLASLL

Modelo de los procesos		
Variable	Forma	Notación
Abundancia anual a la talla	$N_{l,t} = T_{ll'} \{N_{l,t-1} \exp(-Z_{l,t-1})\} + Pr_l R_t$	<p>$N_{l,t-1}$ corresponde al número de individuos de talla l, en el año $t-1$, $Z_{l,t}$ es mortalidad total para Individuos de talla l en el año $t-1$; $T_{ll'}$ es la matriz de transición de crecimiento anual entre la talla l y l'</p>
Crecimiento	$T_{ll'} = \int_l^{l'} \frac{(l'-l)^\alpha \exp(-\frac{l'-l}{\beta_p})}{\beta_p} dl$ $\alpha_l = \frac{\bar{\Delta}_l}{\beta_p}$ $\bar{\Delta}_l = (L_\infty - l^*)(1 - e^{-k})$	<p>T representa la matriz de transición de crecimiento. Este se modela por una función gamma (Sullivan et al, 1990). El incremento en tallas entre períodos depende de los parámetros de crecimiento L_{∞} y k.</p>
Reclutamiento	$Pr_l = R \int_l^{l+1} \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(l-\mu)^2}{\sigma^2}\right] dl$ $\ln R \sim N(0, \sigma_R)$	<p>Pr_l es la distribución del reclutamiento anual (R) a la talla l</p>
Mortalidad	$F_{l,t} = s_l F_t$ $S_l = \left(1 + \exp\left[-\ln 19 \frac{(l-l_{50\%})}{\Delta}\right]\right)^{-1}$ $Z_{l,t} = F_{l,t} + M$	<p>S_l es la selectividad a la talla F_t la mortalidad por pesca anual. $l_{50\%}$ = posición (longitud en que el 50% de los individuos están reclutados) Δ = dispersión (pendiente de la curva).</p>

Modelos de las observaciones		
Variable	Forma	Notación
Captura comercial	$\hat{Y}_t = \sum_{l_{\min}}^{l_{\max}} N_{l,t} w_l \frac{s_{l,t} F_t (1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}}$	<p>$N_{l,t}$: abundancia en la talla l, y año t.</p> <p>w_l: peso de un individuo de talla l</p> <p>$s_{l,t}$: patrón de explotación de la flota para individuos de talla l en el año t</p> <p>F_t: mortalidad por pesca para individuos reclutados en el año t</p> <p>$Z_{l,t}$: mortalidad total para individuos reclutados de talla l en el año t.</p>
CPUE	$CPUE_t = q \left[\sum_{l_{\min}}^{l_{\max}} s_{l,t} N_{l,t} w_l \frac{(1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}} \right]$	<p>q: coeficiente de capturabilidad</p>
Estructura de tallas en las capturas	$C_{l,t} = N_{l,t} \frac{F_{l,t} (1 - \exp(-Z_{l,t}))}{Z_{l,t}}$	<p>$C_{l,t}$: captura de los individuos de talla l, en el año t</p>

Modelos de los errores		
Variable	Log verosimilitud	Notación
Proporción de tallas de la captura	$L = -n \sum_l \sum_t p_{l,t} * \ln(\hat{p}_{l,t})$ $\hat{p}_{l,t} = \frac{\hat{C}_{l,t}}{\sum_l \hat{C}_{l,t}}$	<p>$p_{l,t}$: proporción a la talla l y año t.</p> <p>$\hat{C}_{l,t}$: Captura predicha a la talla l y año t.</p> <p>n: tamaño de muestra</p>
Desembarques históricos	$L = -\frac{0.5}{\sigma_y^2} \sum_t \left(\ln \frac{Y_t}{\hat{Y}_t} \right)^2$	<p>Y_t : captura estimada en el año t</p> <p>\hat{Y}_t : captura predicho para el año t</p>
CPUE	$L = -\frac{0.5}{\sigma_{cpue}^2} \sum_t \ln \left(\frac{CPUE_t}{\widehat{CPUE}_t} \right)^2$	<p>$CPUE_t$: Captura por unidad de esfuerzo estandarizada.</p> <p>\widehat{CPUE}_t : Captura por unidad de esfuerzo predicha.</p>
Función objetivo	$\min \sum_i L_i$	

Anexo 3. Acta Primer Taller Técnico

Proyecto FIPA N°2018-32: “Estrategias de manejo de la pesquería de la almeja *venus antiqua* en la Región de los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo”

En Ancud, en el salón de reuniones del Hotel Panamericano, siendo las 2:30 horas del día 06 de mayo de 2019, se da inicio al taller técnico del Proyecto FIPA N°2018-32.

1. Introducción y Percepción de los pescadores:

En primera instancia, el Docente invitado Jorge Quezada quien actuó como moderador con la finalidad de extraer de manera precisa la información que los pescadores pudieran aportar, pidió a los participantes de la reunión que escribieran en tarjetas su nombre y número de años que llevaban asociados al sistema marino, ya sea como investigador, buzo, etc. Posterior a esto, el profesor Quezada solicitó a los participantes que señalaran cuál ha sido el mejor momento que han vivido respecto al rubro que indicaron. Frente a esto, gran parte de los pescadores presentes indicaron que la situación de la pesca de almejas era mucho mejor antes, particularmente previo a la creación de áreas de manejo.

Se destaca también que, a diferencia de años anteriores, actualmente existe una menor participación de los socios en las áreas de manejo, así como también una falta de recursos (aportes del estado), lo cual repercute en una falta de protección y compromiso con el manejo por parte de los pescadores. Los pescadores están conscientes de que “se vienen momentos difíciles para la pesquería bentónica”, producto de la elevada sobreexplotación a la que someten al recurso almeja.

2. Planteamientos de la problemática:

El Dr. Cristián Canales expuso sobre las preguntas que el proyecto busca responder, así como una explicación sobre posibles soluciones a las problemáticas que actualmente acomplejan a esta pesquería. Además, el Dr. Canales planteó diversas preguntas que le permitieron a los pescadores del sector artesanal analizar los estados del recurso y su manejo, así como también preguntarse cómo identificar si un recurso se encuentra mal.

Al respecto, los pescadores señalan que (por lo menos en Ancud) la población de almeja se encuentra disminuida y en una constante tendencia a la baja. Los pescadores anunciaron que saben que el mal manejo por parte de ellos es lo que ha derivado en esta situación.

3. Sesión de discusión:

Un importante punto de discusión trató sobre el estado en que se encuentra en la actualidad la almeja, donde todos los pescadores llegaron a la conclusión que la almeja en la zona se encuentra en un estado de sobreexplotación y una de las principales causas es el mal manejo que se le ha dado al recurso por parte de ellos mismos. A esto se añade la influencia que han tenido los compradores de estos productos, debido a que existe un solo comprador, el cual determina la presión ejercida sobre el recurso y, por lo tanto, establece el precio como el tamaño del recurso.

Ante la situación anteriormente mencionada, el Dr. Canales consultó a los pescadores si tenían una noción sobre la edad promedio y la talla mínima de captura de las almejas, a lo que los pescadores respondieron que actualmente (desde hace 2 o 3 años) ha existido un aumento en el promedio de tallas, lo que pone en evidencia un aumento en fiscalización y mayor conciencia sobre el estado y conservación del recurso. Sin embargo, el promedio de las tallas sigue acercándose a la talla mínima legal (5.5 cm).

A raíz de esto y con la finalidad de obtener índices de los niveles actuales de extracción, Jorge Quezada consultó a los pescadores si manejaban algún número diario en extracción de biomas. Los pescadores indicaron que un buzo diariamente extrae entre 80 y 100 kg y que en toda la bahía de Ancud se extraen aproximadamente 10 toneladas diarias. No obstante, señalan que antiguamente el rendimiento por pescador era 4 o 5 veces mejor, con los buzos llegando a extraer cerca de 500 Kg diarios. La disminución en las capturas diarias ha producido un aumento en el esfuerzo pesquero, con los pescadores buceando cada vez a mayor profundidad, lo que conlleva a mayor riesgo tanto de enfermedades como de multas por fiscalización.

Posteriormente, el Dr. Cristian Canales preguntó a los buzos si tenían algún conocimiento del ciclo de vida y crecimiento del recurso almeja, estos mencionaron que no tienen el conocimiento necesario y, además, que no creen que los científicos estén totalmente claros en este aspecto. A pesar de esto, los buzos señalan en base a experiencia, que el crecimiento de la almeja depende del tipo de fondo, tema que quedó pendiente debido a la falta de información.

Finalmente, los pescadores comunicaron el mal registro de los desembarques por parte de SERNAPESCA. Actualmente se registran en Ancud capturas realizadas en otras zonas, causando una mala información de los desembarques en el lugar. Esto perjudica los análisis futuros que puedan realizarse a partir de las bases de datos generadas. A partir de esto, los participantes señalan que es necesario un ordenamiento de los registros de capturas.

4. Análisis de amenazas:

Dentro de las amenazas a la pesquería de almeja expuestas durante el taller, se sintetizaron 3: Contaminación por aguas servidas e industria, marea roja, y el impacto de los Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (ECMPO). El sector artesanal indicó que los altos niveles de contaminación llevan a una disminución en el precio de la almeja, lo cual repercute en un aumento del esfuerzo y captura diaria, con el fin de alcanzar las mismas ganancias diarias.

Sin más asuntos que tratar se da por finalizado el taller técnico del proyecto FIPA N°2018-32, siendo las 18:00 PM.

Anexo 4. Lista de participantes del primer taller técnico



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

Primer Taller Técnico FIPA 2018-32: Estrategias de manejo de la pesquería de la almeja *Venus antiqua* en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo”

Nombre	Institución	Firma
MARTINA DELGADO T.	SUPERSCA LOS LAGOS	<i>Martina Delgado</i>
MARIO Saldivia	SINDICATO BAHIA QUE TALMANTE	<i>Mario Saldivia</i>
Richard Alvarez	Sindicato Caba "Fatima"	<i>Richard Alvarez</i>
Enrique Diego Rojas	Sindicato Fatima	<i>Enrique Rojas</i>
LUIS VARGAS P	SINDICATO FATIMA	<i>Luis Vargas P.</i>
José Lorenzo Vargas	SETI FATIMA	<i>José Lorenzo Vargas</i>
MARILYN MARRONS	IFOP	<i>Marilyn Marrons</i>
Fernando Astorza	Representante comunal	<i>Fernando Astorza</i>

Nombre	Institución	Firma
Andrés Hernández	UACH.	
Vivian Pego	ITOP- ONCOT	
Joaquín Hernández	USM -	
Gabriel Álvarez	Sindicato Quetzaltenango	
Rolf Barrera	Asociación de Agricultores	
ERGANDO MORALES	Asociación de Agricultores	
Jesús Curiel	PUCV	
WALTER SANCHEZ E	PUCV	
ALEJANDRO ABRAMO L	PUCV	
MISTIN GONZALEZ	PUCV	
Jorge Quiroz	Consultor PUCV	

Anexo 5. Códigos de Modelo Operativo

```

clear

NN=200; // Numero de replicas

texto="Ancud1";
nsim=10;// número de años de proyección
pr=0.5; // escalamiento de reclutamientos futuros
//-----
Opcion_rule=4; // Opción regla de decisión
//1: Nivel de esfuerzo de pesca respecto del último año
      mF=1.0;
//2: Captura constante
      Q=2000;
//3: Regla con la CPUE percibida. Pivote en SPR. Depende de años nyp+1 promedio de CPUE. Con
Cmax=RMS
//4: Regla con la CPUE percibida. Pivote en SPR. Depende de años nyp+1 promedio de CPUE.
ADAPTATIVA sin Cmax
//5: Regla de ajuste con la BDRMS. Pivote en SPR.
      nyp=1; RMS=3000; spr=0.4; Brms=10200//
//-----

// LE LOS DATOS DEL ULTIMO ASSESSMENT-----
B=read(texto+".dat",-1,1,'A'); // DATOS GENERALES
nanos=evstr(B(2));
edades=evstr(B(4));
minedad=evstr(B(6));
ntalla=evstr(B(8));
matdat=evstr(B(10:62));
edad=minedad:edades;
Talla=evstr(B(64));
C_talla=evstr(B(66:118));
msex=evstr(B(120));
Wm=evstr(B(122));

B=read("mestockL.ctl",-1,1,'A'); // DATOS GENERALES
dt=evstr(B(8));
parbiol=evstr(B(13));

```

```
// LEE REPORTE BASE DE LA ULTIMA EVALUACION DE STOCK-----
C=read(texto+".rep",-1,1,'A'); // BASE

keypar=evstr(C(36));
SSB0=keypar(1);
R0=keypar(2);
alf=keypar(3);
bet=keypar(4);
bd=evstr(C(16));

ubi1=find(C=="Selectividad a la edad por año")
ubi2=find(C=="Mort por pesca a la edad por año")
ubi3=find(C=="Captura a la edad por año")
ubi4=find(C=="Probabilidad de la talla a la edad")
ubi5=find(C=="Multiplicador de F")
ubi6=find(C=="Capturas proyectadas para cada mF")

Yhisto=evstr(C(10));
N_last=evstr(C(ubi1-1));
Sf_last=evstr(C(ubi2-1));
F_last=evstr(C(ubi3-1));
Ptalla=evstr(C(ubi4+1:ubi5-1));
CBA=evstr(C(ubi6+2))(6);

Wmed=Wm*Ptalla';
mat=msex*Ptalla';

// LEE PARS BASE DE LA ULTIMA EVALUACION DE STOCK-----
D=read(texto+".par",-1,1,'A');
log_mu=evstr(D(3));
log_s1=evstr(D(5));
log_s2=evstr(D(7));
log_Ro=evstr(D(9));
log_qf=evstr(D(17));
```

```
//-----
// DESVIACIONES ERROR DE PROCESO Y OBSERVACIONES

cv_r=0.6;// R
cv_CPUE=0.3;//
nf=20;//nm selectividad flota en una multinomial
cv_qf=0.3;// cv error proceso q flota
cvY=0.05;// error observacion del desembarque
pM=0.2;// % variacion de M

//-----

for trial=1:NN; //-----

matriz_datos=matdat;
matcap=C_talla;

// numero de años a proyectar
for w=1:nsim

disp([trial w])

// incorpora error de proceso en M
Mo=parbiol(6);
LiM=(1-pM)*Mo;
LsM=(1+pM)*Mo;
M=grand(1,1,'uin',round(LiM*1000),round(LsM*1000))/1000;

// incorpora error de proceso en selectividad

mu=exp(log_mu)*exp(grand(1,1,'nor',0,0.05));
s1=exp(log_s1)*exp(grand(1,1,'nor',0,0.01));
s2=exp(log_s2);//*exp(grand(1,1,'nor',0,0.01));
Edades=miedad:edades;
Sf_last=exp(-0.5*(Edades-mu).^2/s1^2);
ubi=find(Edades>=mu);
Sf_last(ubi)=exp(-0.5*(Edades(ubi)-mu).^2/s2^2);
```

```
// proyección al año siguiente desde el último año de la "evaluación verdadera"

if w==1 then

    Rec(w)=pr*alf*bd(length(bd))/(bet+bd(length(bd)))*exp(grand(1,1,'nor',0,cv_r));//+0.5*cv_r^2);
// error de proceso en el reclutamiento en torno a R0-----DEBERIA CAMBIAR A SR
    Z=F_last+M;
    N=N_last;

else

    Rec(w)=pr*alf*BD(w-1)/(bet+BD(w-1))*exp(grand(1,1,'nor',0,cv_r));//+0.5*cv_r^2); // error de
proceso en el reclutamiento en torno a R0----
    end

    N=[Rec(w) N(1:length(edad)-1).*exp(-Z(1:length(edad)-1))];//
    N(edades)=N(edades)/(1-exp(-Z(length(edad))));

    BT(w)=sum(N.*Wmed);//

    Nproy(w,:)=N;

// -----OPCIONES DE REGLAS DE CAPTURAS
if Opcion_rule==1 then //-----

if w==1 then
    C=read(texto+".rep",-1,1,'(A)'); // BASE
else
    C=read(texto+"_sim"+string(w-1)+".rep",-1,1,'(A)'); // BASE
end

    ubi5=find(C=="Multiplicador de F");
    multF=evstr(C(ubi5+1));
    ubi6=find(C=="Capturas proyectadas para cada mF");
    CBA=evstr(C(ubi6+2));
    CBA=CBA(find(multF==mF)); //
end

if Opcion_rule==2 then //-----
    CBA=Q;
end
```

```

if Opcion_rule==3 & w>=2 then //-----
  H=read(texto+".rep",-1,1,'A'); //estimaciones anuales simuladas iniciales pues no se realizará
  evaluación
  CPUEobj=spr*evstr(H(8))(1); // //estimacion CPUE de referencia 40%CPUEo.

  H=read(texto+"_sim"+string(w-1)+".dat",-1,1,'A'); //estimaciones anuales simuladas
  largo=evstr(H(2));
  ubi=find(H=="#Tallas.");
  CPUEmed=evstr(H(ubi-1-nyp:ubi-1))(:,4); //datos anuales simulados

  if mean(CPUEmed)<CPUEobj; // promedio de los ultimos nyp años
    CBA=RMS*mean(CPUEmed)/CPUEobj; // disminuyo,.. sino RMS
  else
    CBA=RMS; // RMS app
  end
end

if Opcion_rule==4 & w>=2 then //-----
  H=read(texto+".rep",-1,1,'A'); //estimaciones anuales simuladas iniciales pues no se realizará
  evaluación
  CPUEobj=spr*evstr(H(8))(1); // //estimacion CPUE de referencia 40%CPUEo.
  H=read(texto+"_sim"+string(w-1)+".dat",-1,1,'A'); //estimaciones anuales simuladas
  largo=evstr(H(2));
  ubi=find(H=="#Tallas.");
  CPUEmed=evstr(H(ubi-1-nyp:ubi-1))(:,4); //datos anuales simulados
  CBA=RMS*mean(CPUEmed)/CPUEobj; // disminuyo o aumento,..

end

if Opcion_rule==5 & w>=2 then //-----
  H=read(texto+"_sim"+string(w-1)+".rep",-1,1,'A'); //estimaciones anuales simuladas
  largo=length(evstr(H(5)));
  BDest=evstr(H(16))(largo); //biomasa desovante estimada

  if BDest<Brms then
    CBA=RMS*BDest/Brms; // disminuyo o aumento,..
  else
    CBA=RMS;
  end
end
end

```

```
// errores de proceso y observacion
CTP(w)=CBA;

// en datin entrego los vectores relevantes (N, S, W)

    datin(1,:)=N;
    datin(2,:)=Sf_last;
    datin(3,:)=Wmed;

//-----
funcprot(0)
function [fun]=funFopt(Fc, datin, CTP, M);
    N=datin(1,:);
    Sf_last=datin(2,:);
    Wm=datin(3,:);
    Yest=sum(N.*Wm.*Sf_last.*Fc.*(1-exp(-M-Sf_last.*Fc))./(M+Sf_last.*Fc));
    fun=(CTP-Yest)^2;
endfunction

function [fun, g, ind]=funFopt2(Fc, ind, datin, CTP, M);

    if ((ind == 1) | (ind == 4)) then
        fun = funFopt (Fc,datin,CTP,M );
    end

    if ((ind == 1) | (ind == 4)) then
        g=numderivative(funFopt,Fc)
    end

endfunction

    lista=list(funFopt2,datin,CTP(w),M);
//-----
    [fun,Fcr(w)]=optim(lista,0.5);
//-----

    Z=Fcr(w)*Sf_last+M;// la mortalidad total para el período anual según la CTP supuesta sin error de
implementación

    Bexp(w)=sum(N.*Wmed.*exp(-dt(1)*Z).*Sf_last); // Biomasa explotable
    BD(w)=sum(N.*mat.*Wmed.*exp(-dt(2)*Z)); // Biomasa desovante
```

```

qf=exp(grand(1,1,'nor',log_qf,0));//cv_qf));// error proceso en la capturabilidad
CPUE(w)=qf*Bexp(w)*exp(grand(1,1,'nor',0,cv_CPUE)); // error de observación en la CPUE

// Capturas (proporción)
F=Fcr(w)*Sf_last;
Ca=(N.*F.*(1-exp(-Z))./Z)*Ptalla;
if (sum(Ca))>0 then
    pCsim=grand(1,'mul',nf,Ca'/sum(Ca+1e-10));
    pCsim(length(Talla)+1)=[];
else
    pCsim=zeros(1,length(Talla));
end
Lv(w)=sum(Ca.*Talla)/sum(Ca+1e-10);
Lmed(w)=sum(pCsim.*Talla)/sum(pCsim+1e-10);

// -----SE IMPRIME EL NUEVO ARCHIVO DE DATOS PARA LUEGO EJECUTAR ADMB

texto2=(texto+"_sim"+string(w)+".dat");
u=mopen(texto2,'wt');

matriz_datos=[matriz_datos; [matdat(nanos,1)+w CTP(w) 0.05 CPUE(w) cv_CPUE nf]];
matcap=[matcap;pCsim*grand(1, 1, "uin", 900, 1100)]; // multiplico por un valor aleatorio para tener
mayor escala

mfprintf(u,'%s.\n','#Years')
mfprintf(u,'%9.0f.\n',length(matriz_datos(:,1)))
mfprintf(u,'%s.\n','#Edades')
mfprintf(u,'%9.0f.\n',10)
mfprintf(u,'%s.\n','#Edad recluta')
mfprintf(u,'%9.0f.\n',1)
mfprintf(u,'%s.\n','#N Tallas')
mfprintf(u,'%4.0f.\n',length(msex))

mfprintf(u,'%s.\n','# Ano  Captura  cv  Indice  cv  nm')

for i=1:length(matriz_datos(:,1))

    mfprintf(u,'%9.0f %9.0f %6.2f %6.2f %6.2f %9.0f.\n ',matriz_datos(i,:))// write a line
end

```



```

matCPUE_pred(trial,1:largo)=evstr(B(8));
matDesemb(trial,1:largo)=evstr(B(10));
matL_obs(trial,1:largo)=evstr(B(13));
matL_pred(trial,1:largo)=evstr(B(14));
matBD(trial,1:largo)=evstr(B(16));
matBT(trial,1:largo)=evstr(B(18));
matR(trial,1:largo)=evstr(B(23));
matF(trial,1:largo)=evstr(B(25));
SSB0(trial)=evstr(B(36))(1);

else

B=read(texto+".rep",-1,1,'A');
largo=length(evstr(B(5)))+length(CPUE);
matDesemb(trial,1:largo)=[evstr(B(10)) CTP'];
matCPUE_obs(trial,1:largo)=[evstr(B(7)) CPUE'];
matL_obs(trial,1:largo)=[evstr(B(13)) Lmed'];
matBD(trial,1:largo)=[evstr(B(16)) BD'];
matBT(trial,1:largo)=[evstr(B(18)) BT'];
matR(trial,1:largo)=[evstr(B(23)) Rec'];
matF(trial,1:largo)=[evstr(B(25)) Fcr'];

matCPUE_pred(trial,:)=evstr(B(8));
matL_pred(trial,:)=evstr(B(14));
SSB0(trial)=evstr(B(36))(1);

end

Rec_v(trial,:)=Rec';
BT_v(trial,:)=BT';
BD_v(trial,:)=BD';
Bexp_v(trial,:)=Bexp';
L_v(trial,:)=Lv';
F_v(trial,:)=Fcr';

end

save(texto+"_regla"+string(Opcion_rule)+"_salidas.sod","matCPUE_obs","matCPUE_pred","matL_obs"
,"matL_pred","matR","matBD","matBT","matF","matDesemb","BT_v","BD_v","Rec_v","Bexp_v","L_v",
"F_v","SSB0")

```

Anexo 6. Fotografías del primer taller técnico en Ancud



Anexo 7. Presentación del primer taller técnico en Ancud



Proyecto FIPA 2018-32

Estrategias de manejo de la pesquería de la almeja *Venus antiqua* en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo

Mandante
Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura

Unidad Ejecutora
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Escuela de Ciencias del Mar



Dirección/coordinación del proyecto, análisis y evaluación de estrategias de manejo

Cristian Canales,
Nazareth Sanchez,
Nicolas Adasme



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Antecedentes, seguimiento y evaluación

Mauricio Mardones,
Nancy Barahona,
Pablo Araya,
Vivian Pezo



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

Marcaje, seguimiento reproductivo y evaluación

Carlos Molinet,
Jorge Henríquez,
Ruben Roa

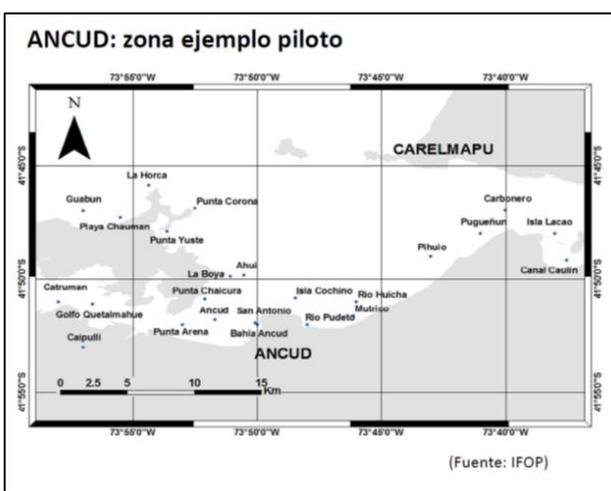
Objetivo General

Proponer estrategias de manejo para la almeja (*V. antiqua*) en las principales zonas de extracción de la X y XI Regiones, en base a la revisión y actualización de parámetros reproductivos y de crecimiento.



3er Objetivo específico

Definir estrategias de manejo que consideren la estructura espacial de las poblaciones de *V. antiqua* y las características del esfuerzo pesquero.



ANCUD: Capacidad de organización



Inicio > Comunicado

Única
20
AGO
2017

Subpesca lanza Plan de Manejo de Recursos Bentónicos para la Bahía de Ancud

El documento desarrollado por el comité de manejo establece las directrices para cuidar la sustentabilidad de las 25 pesquerías que abarca el plan. Para esta primera etapa propone medidas de administración para los recursos luga negra y luga roja.

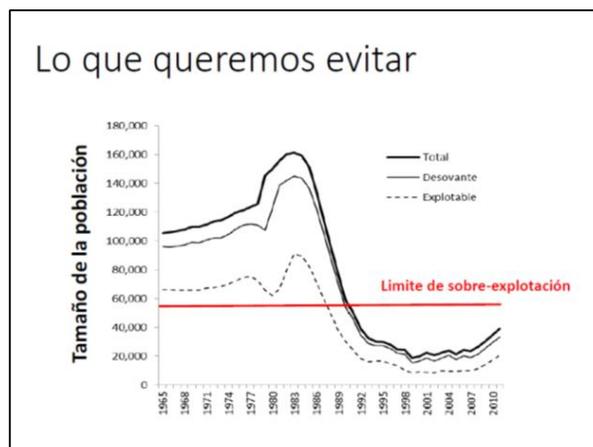
Manejo de una pesquería:

Ordenamiento de todas las actividades de una pesquería realizadas en torno a uno o varios recursos, con el objeto de alcanzar objetivos de bienestar de las personas y conservación del recurso



Manejo de un recurso:

Componente del manejo de una pesquería, orientado a generar la sustentabilidad y conservación de un recurso. El objetivo de manejo de un recurso es a menudo un valor de referencia deseado del tamaño de la población

Manejo pesquero de un recurso

- Valores de referencia. Objetivo de conservación de la población
Diagnóstico: Donde estamos?
- Indicador X del estado poblacional (ej. Talla, densidad, etc)
Plan de seguimiento/observación adecuado
- Estrategias/tácticas para lograr valores de referencia
Que opciones tenemos para lograr el/los objetivos?



Manejo de un recurso pesquero: sustentabilidad y conservación

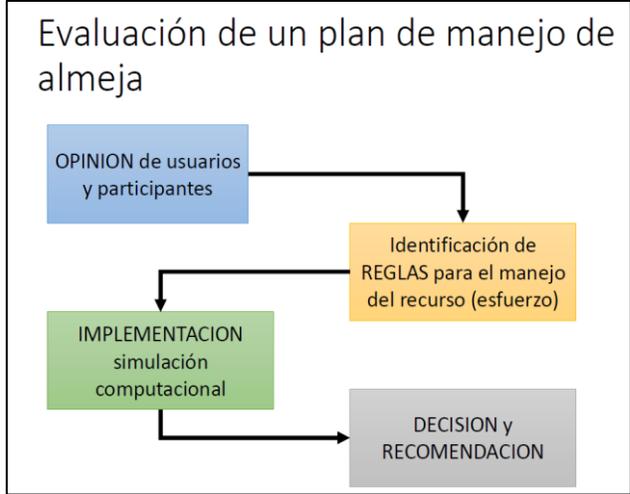
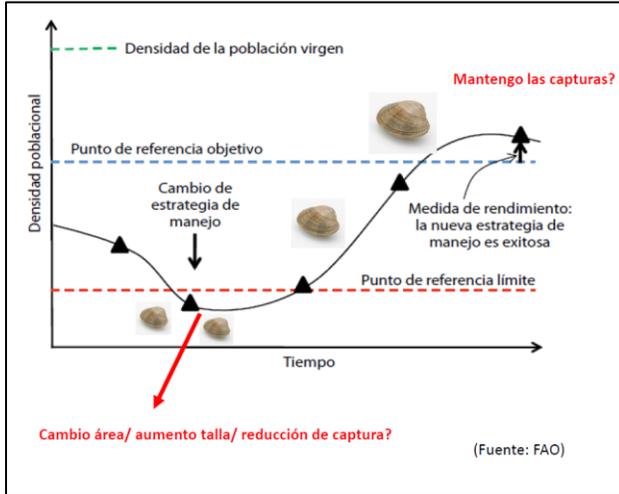
1. Cuando digo que el recurso esta sano (medidas de referencia) ?
2. Que datos/observación podemos considerar para verificarlo ?
3. Que acciones podemos realizar para lograr el/los objetivos ?



Manejo de un recurso pesquero: sustentabilidad y conservación

4. Que acuerdos podemos comprometer en pro de los objetivos?
5. Como es el sistema de monitoreo actual, cooperación ?
6. Que amenazas vemos para alcanzar el/los objetivos?





Anexo 8. Acta Primera Reunión de Coordinación

Reunión de coordinación Inicial proyecto FIPA N°2018-32: “Estrategias de manejo de la pesquería de la almeja *venus antiqua* en la Región de los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo”

En Valparaíso, en dependencias de las oficinas de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca), siendo las 10:20 horas del día 11 de diciembre de 2018, se da inicio a la primera reunión de coordinación de actividades.

1. A la reunión asisten los siguientes participantes:

Asistentes Presenciales

- Gabriel Jerez (SUBPESCA)
- Andrés Venegas (SUBPESCA)
- Malú Zavando (FIPA)
- Cristián Canales (Jefe de Proyecto, PUCV)
- Nazareth Sánchez (PUCV)
- Nicolás Adasme (PUCV)
- Mauricio Mardones (IFOP)

Asistentes vía Online

- Ramiro Contreras (Dirección zonal de la Región de Aysén)

2. La reunión considera los siguientes temas

- Pesca de investigación
- Duración del proyecto
- Zonas de estudio
- Talleres de trabajo

3. Pesca de investigación

Sr. Gabriel Jerez señaló el requerimiento de pesca de investigación para todo el periodo de duración del proyecto, tanto para el proceso de marcaje y recaptura como para el muestreo biológico. Se debe especificar claramente del tamaño de la muestra, zonas y personal encargados de los trabajos en terreno. En relación a lo anterior, Sr. Cristian Canales de acuerdo con el requerimiento de Sr. Gabriel Jerez, se comprometió a realizar la solicitud.

4. Duración del proyecto

El jefe de proyecto, Sr. Cristian Canales, comunica que los trabajos en terreno aún no comienzan, dado al retraso del primer pago del proyecto. Además, señala que, de acuerdo a las bases técnicas el pre-informe final debe ser entregado al término del mes 10 de iniciado el proyecto, por lo que el ciclo reproductivo completo no podrá ser comprometido. De acuerdo a lo anterior, se prevé que el proyecto necesitará de una extensión del plazo de entrega de informes, con el propósito de poder cumplir con todos los objetivos planteados.

5. Zonas de estudio

En relación a las zonas de estudio para los seguimientos reproductivos y de evaluación de Stock (Ancud y Quellón), el Sr. Mauricio Mardones manifiesta que es necesario considerar que la zona Ancud tiene actualmente un Plan de Manejo distinto, separado del de la Región de Los Lagos. Al respecto, el Sr. Cristian Canales manifiesta que será considerado, dado que es relevante que los resultados obtenidos en el proyecto puedan contribuir a la gestión y manejo de la pesquería.

6. Talleres de trabajo

El Sr. Cristian Canales informa que, para el segundo taller de trabajo, se aplicará la herramienta FODA con el fin de conocer las debilidades y fortalezas de las principales estrategias de manejo aplicadas en la actualidad, con la participación de los principales actores de la pesquería.

Siendo las 12:00 PM, se da por terminada la reunión de coordinación Inicial proyecto FIPA N°2018-32

Anexo 9. Encuesta análisis FODA

Encuesta análisis FODA. Evaluación de estrategias de manejo para la pesquería artesanal de almeja (Venus antiqua)

Actividad en el marco del proyecto FIPA 2018-32: "Estrategias de manejo de la pesquería de la almeja Venus antiqua en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo"

***Obligatorio**

1. ¿Los usuario reciben ingresos justos y estables que permiten aumentar su bienestar? (Objetivo: conocer si el monto y estabilidad de los ingresos del pescador son los adecuados para una buena calidad de vida) *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
 De acuerdo
 Neutral
 En desacuerdo
 Totalmente en desacuerdo

2. ¿Los usuarios actualmente tienen mayor conocimiento sobre el manejo de la pesquería y por ende mayor compromiso por conservar el recurso? (Objetivo: conocer si el pescador se siente involucrado y responsable con la sostenibilidad de su pesquería) *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
 De acuerdo
 Neutral
 En desacuerdo
 Totalmente en desacuerdo
 Otro: _____

3. Indique capacidades/habilidades especiales de la pesquería en la zona de estudio que permite tener una posición privilegiada en comparación a otras pesquerías similares. (Objetivo: conocer que cualidades o características del pescador y su entorno les permitiría salir de una situación desmejorada respecto de otro tipo de pescador) *

4. ¿Es una pesquería altamente vulnerable a los fenómenos de marea roja y a las fluctuaciones de los precios en el mercado? (Objetivo: conocer si la pesquería es vulnerable a eventos ambientales y económicos) *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

5. ¿Existe una bajo nivel organizacional entre los usuarios participantes de la pesquería? (Objetivo: Conocer sobre su capacidad de organización) *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

6. ¿Es una pesquería con alta dependencia al intermediario, sin poder de negociación del precio de venta? (Objetivo: Conocer la vulnerabilidad en la cadena de mercado y poder de negociación en la venta) *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

7. Indique factores/competencias/habilidades que la pesquería no presenta y que provocan una posición desfavorable. (Objetivo: Conocer las características que tiene esta pesquería respecto de otras, que las hace menos más lábil o frágil a factores exógenos)

8. ¿La demanda ha aumentado hacia los recursos más grandes lo que ha permitido cautelar la talla mínima de extracción? (Objetivo: Conocer si hay alguna tendencia en la demanda que permita mayor respeto por la talla mínima) *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

9. ¿Existen mayores instancias de discusión/capacitaciones a los usuarios por parte sector científico? (Objetivo: Conocer sobre la relación científico-pescador y del conocimiento que se le aporta al usuario) *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

10. Indique factores favorables de la pesquería que permiten obtener ventajas competitivas (Objetivo: Conocer aquellas características de la pesquería respecto de otras, que las hace más resiliente y le permite obtener ventajas) *

11. ¿Considera que existe una escasez/agotamiento del recurso? (Objetivo: Conocer la percepción sobre el estado del recurso en general) *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

12. ¿Considera que faltan medidas de manejo óptimas que permitan potenciar el desarrollo sostenible de la pesquería? (Objetivo: Conocer la percepción sobre la efectividad del manejo del recurso en general) *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

13. Indique situaciones que pueden llegar afectar a la permanencia/desarrollo de la pesquería en el largo plazo. (Objetivo: Conocer potenciales factores que generen riesgo en la sostenibilidad de la pesquería) *

Anexo 10. Carta de suspensión de taller final

En el contexto del último taller que debe ser presentado para la conclusión del presente proyecto, fue enviado un correo a todos los invitados con motivo de notificar la suspensión de éste debido a los acontecimientos ocurridos a nivel mundial producto de, virus SARS-cov-2, causante de la enfermedad COVID-19. El correo fue emitido con fecha 16 de marzo 2020, a las 10:42 am.

Estimados colegas,

En atención a la emergencia sanitaria debido a la pandemia CORONAVIRUS (COVID-19), y de lo establecido por las autoridades de salud en cuanto a la suspensión de reuniones masivas y eventos, lamento informarle que hemos resuelto suspender el taller de difusión de resultados del proyecto FIPA 2018-32 "Estrategias de manejo de la pesquería de la almeja *Venus antiqua* en la región de Los Lagos y la región de Aysén del general Carlos Ibáñez del Campo", desarrollado la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en conjunto con el Instituto de Fomento Pesquero y la Universidad Austral de Chile. Esta actividad estaba fijada para el viernes 20 del presente mes.

No obstante, el taller podrá ser realizado en la mejor fecha que sea posible una vez finalizado el proyecto, esto como un compromiso del equipo ejecutor hacia el FIPA, usuarios y científicos interesados en esta investigación.

Esperando su comprensión y deseándoles lo mejor, les saluda cordialmente

Dr. Cristian M. Canales R.

Profesor Asociado

Lab. Dinámica de Poblaciones Marinas y Modelamiento Estadístico (DIMARE)