Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Facultad de Ciencias del Mar y Geografía
Escuela de Ciencias del Mar

INFORME FINAL

FIPA 2021-14

Propuesta de Marco Biológico de Referencia para las Pesquerías de Crustáceos Bentónicos

Requirente

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura

Valparaíso, enero, 2023

ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

DIMARE

Información del Proyecto	
Título	FIPA 2021-14: Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos
Requirente	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura
Contraparte	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Facultad de Ciencias del Mar y Geografía
Unidad Ejecutora	Escuela de Ciencias del Mar Av. Universidad 330 Curauma, Valparaíso
Jefe de Proyecto	Cristian Canales Ramírez Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Equipo de trabajo	
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Cristian Canales Ramírez (Jefe de proyecto) Exequiel González Poblete Nazareth Sánchez Espinoza Nicolás Adasme Lueiza Jesús Curiel Pérez Andrea Salinas Espinoza Andrea Méndez Arias
Centro de Investigación Ecos	Miguel Espíndola Rojas Gonzalo Olea Stranger

Resumen Ejecutivo

El presente informe proporciona los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto FIPA 2021-14: "Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos", ejecutado por la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en conjunto con el Centro de Investigación ECOS.

En primera instancia se realizó una búsqueda y revisión de la literatura para los recursos centolla (*Lithodes santolla*), centollón (*Paralomis granulosa*), jaiba marmola (*Metacarcinus edwarsii*) y jaiba limón (*Cancer porter*i), con el objetivo de establecer las brechas de conocimiento e información para posteriormente definir y/o establecer el estándar técnico de trabajo para la estimación del Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y Puntos Biológicos de Referencia (PBR). La recopilación de antecedentes se enfocó en los estudios reportados entre los años 1990 al 2020 entre la Región de Valparaíso y la Región de Magallanes. La información levantada se sistematizó mediante una base de datos bibliográfica construida en Microsoft Excel, y los documentos fueron ingresados en el gestor de referencia electrónico MENDELEY DESKTOP. La recopilación de información estuvo enfocada específicamente en los datos necesarios para la estimación de PBR, la cual posteriormente se sistematizó mediante una segunda base de datos. Se analizó la existencia y accesibilidad de la data sobre los atributos (variables) de los recursos y sus pesquerías, incluyendo su naturaleza espacial y temporal, para posteriormente clasificar la calidad de la información, y así definir los modelos idóneos para aplicar en el cálculo de PBR.

Considerando la mejor información disponible (a nivel local) se determinó que para la centolla existe una alta calidad de la información, pudiendo aplicar modelos estadísticos integrado en edad/talla. Los recursos centollón y jaiba marmola presentaron en ciertos ámbitos una baja calidad de los datos, sin embargo, considerando solo los datos disponibles de mejor calidad es posible implementar modelos de equilibrio basados en composiciones de longitudes. El recurso con más baja calidad y escases de la información fue para la jaiba limón, donde en la mayoría de las zonas analizadas solo es factible implementar modelos basados en datos de capturas y desembarques.

Con el objetivo de determinar para cada pesquería los indicadores correspondientes al nivel del RMS, en primera instancia, se revisaron los Planes de Manejo (PM) en desarrollo. Posteriormente se realizaron talleres de trabajo con los usuarios de las pesquerías bajo análisis, con el fin de identificar posibles indicadores y Puntos de Referencia Empíricos (PRE) que los mismos pescadores tienen incorporados en sus faenas o temporadas de pesca. Por otra parte, en los talleres se buscó discutir y analizar distintas estrategias de manejo que permitan una eventual implementación de Reglas de Control de Capturas (RCC).

A partir de la revisión de los PM en desarrollo, la mayoría de los recursos analizados han establecido solo objetivos generales, los cuales tampoco han sido asociados a un indicador. Solamente el CM de crustáceos bentónicos de la Región de Los lagos han destallado un poco más sus objetivos de manejo, donde han definido como punto de referencia límite: 0.3 kg/trampa y puntos de referencia objetivo: 1 kg/trampa para "mantener rendimientos de pesca". Sin embargo, aún no han sido contrastados con PBR estimados a partir de procesos de modelación, de modo que no es posible determinar si son consistentes con un nivel de RMS.

Mediante los talleres de trabajo realizados con los usuarios fue posible determinar 2 principales Puntos de Referencia Empíricos: (i) porcentaje de mega-desovantes en los desembarques y (ii) CPUE (kg/trampa). Para la jaiba limón (Región de Valparaíso), los rendimientos de pesca estarían en torno a 8 kg/trampa pudiendo llegar a obtener más de 20 kg/trampa en algunas faenas de pesca. Respecto al porcentaje de mega-desovantes, en promedio un 20% está por sobre los 15 cm mientras que el 80% restante se encuentra sobre los 13 cm. De acuerdo con la percepción de los pescadores, las estructuras de tallas se han mantenido constante desde el inicio de la pesquería. Para el recurso jaiba marmola (Dalcahue y Bahía de Ancud), actualmente los rendimientos se encontrarían en 6 kg/trampas y con una proporción de megadesovantes de un 35% en invierno y un 20% en verano. En una condición objetivo el rendimiento deseado es de 7kg/trampa con un 40% de mega-desovantes en invierno y un 30% en verano. Bajo un escenario límite se espera un rendimiento de 3.3 kg/trampa y un porcentaje de mega-desovantes menor al 3%. En el inicio de la pesquería los rendimientos se encontraban en torno a los 15 kg/trampa y con un 70% de mega-desovantes. Para el recurso centolla (mar exterior de la Región de Los Lagos), bajo un escenario límite se espera un rendimiento de 2.5 kg/trampa, mientras que para un escenario actual y objetivo se estima 7.5 kg/trampa. La estructura de tallas se ha mantenido constante en la pesquería con ejemplares entre 10.5 y 12.5 cm.

Respecto a las posibles estrategias de manejo a implementar, los pescadores se mostraron renuentes de entregar una opinión al respecto, manifestando que existen condiciones previas que deben ser analizadas y modificadas para avanzar en medidas de restricción. Sin embargo, como actividad adicional se aplicó una encuesta a la pesquería de jaiba marmola de Región de Los Lagos, consultando por cinco medidas de manejo mediante un enfoque de juegos de oferta. Los resultados obtenidos indicaron que todas las medidas alcanzaron un precio mayor al valor de referencia de ($400). El precio de venta para aceptar la adopción de medidas orientadas a limitar las capturas o el esfuerzo (disminución 30% de las capturas, del 30% de las trampas y veda de un mes en verano) fueron significativamente mayores al precio de venta relacionado con aceptar cambios en las prácticas pesqueras como la modificación del arte mediante la incorporación de tres ventanas de escape en cada trampa.

La estimación de los PBR se realizó median un Modelo de Equilibrio por Recluta para los recursos centolla de la Región de Magallanes (zona norte, centro sur), centollón de la Región de Magallanes (zona centro y sur), jaiba marmola de la Bahía de Ancud, Dalcahue y la Región de Aysén, y jaiba limón de la Región de Valparaíso y la Región del Biobío. El alcance geográfico se determinó a partir de la mejor información disponible, y por los criterios que se utilizan actualmente en la evaluación de stock para los recursos centolla y jaiba marmola. Sin embargo, las estimaciones fueron llevadas a cabo bajo distintitas condiciones de incertidumbre estructural en cuanto a los supuestos sobre la relación stock recluta (h: 0.6 y 0.75) y la talla de madurez (morfológica y fisiológica). Para fines de manejo, se estableció un rango de plena de explotación, el cual aplica cuando se alcanza el 95% del RMS.

Bajo un enfoque precautorio (baja resiliencia y talla de madurez morfológica), los PBR estimados para el recurso centolla en la Región de Magallanes indican que se debería cautelar el 42% de la biomasa desovante aplicando niveles de mortalidad por pesca de 0.27 en la zona norte, 0.23 en la zona centro y 0.26 en la zona sur. Para el recurso centollón de la Región de Magallanes se debería dejar un escape del 44% de la biomasa virginal con niveles de mortalidad por pesca de 0.31 en la zona centro y 0.49 en la zona sur. En el caso de la jaiba marmola, se debería cautelar aproximadamente 42% de la biomasa virginal con niveles de mortalidad por pesca de 0.14 en Ancud, 0.12 Dalcahue y 0.27 en Aysén. Para la jaiba limón de la Región del Biobío, para alcanzar el RMS se tendría que dejar un escape del 43% de BD con un nivel de mortalidad por pesca de 0.33

En algunos escenarios no fue posible estimar los PBR, dado que la curva de rendimiento se hizo asintótica, imposibilitando la obtención del valor de mortalidad por pesca máximo, lo que implicaría que en estas zonas se podrían aplicar altos niveles de mortalidad por pesca. Lo anterior se daría principalmente por dos factores: la talla de madurez y los patrones de selectividad de las pesquerías. Los resultados obtenidos permiten inferir que para alcanzar el Redimiendo Máximo Sostenible se deberían aplicar niveles de mortalidad por pesca relativamente bajos cuando la talla de madurez es más cercana a la talla de extracción. Un pequeño cambio en la selectividad de la pesquería implicaría cambios significativos en términos de esfuerzo.

Para la vinculación de PBR teóricos con PBR empíricos, se estimó el valor del agotamiento del potencial reproductivo (SPR) y la mortalidad por pesca actual (F) mediante el modelo “Length Based Pseudo Cohort Analysis” (Canales *et al*., 2021), para los recursos centollón zona centro (SPR= 0.37 y F= 0.74) y zona sur (SPR= 0.38 y F= 0.88), y para la jaiba limón de la Región del Biobío (SPR= 0.14 y F=7.10). En el caso de los recursos centolla y jaiba marmola se utilizaron los resultados obtenidos a partir de la evaluación de stock reportados por Yañez *et al*., (2022). El SPR y F estimados fueron vinculados con los Puntos de Referencia Empíricos reconocidos por los pescadores y sus valores más recientes reportados por IFOP en el marco del “Programa de Seguimiento Pesquerías Crustáceos Bentónicos”.

La vinculación de PBR teóricos con los PBR empíricos determinó que prácticamente en todas las zonas evaluadas, según la pesquería, los rendimientos actuales se encuentran por debajo a los que se deberían obtener al alcanzar el RMS, a excepción de la centolla en la zona norte de Magallanes, donde el rendimiento actual (1.27 kg/trampa) es superior a lo que se debería obtener si se alcanzara el RMS (1.06 kg/trampa). En la zona centro y norte, el rendimiento actual se encuentra aproximadamente un 5% y 7% por debajo al nivel de referencia, respectivamente. Para el recurso centollón de la zona sur de la Región de Magallanes se estimó que el rendimiento que se debería observar en las faenas de pesca si se estuviera en el RMS es de 25.68 kg/trampas, levemente superior a la condición actual (24.4 kg/trampa). En el caso de la jaiba marmola, en la zona de Ancud y Dalcahue, los rendimientos actuales (5.5 kg/trampa) deberían ser aproximadamente el doble del actual. Una menor diferencia se presenta en Aysén, donde el rendimiento actual se encuentra un 17% por debajo al valor de referencia. Para la jaiba limón de la Región del Biobío se pudo determinar que los rendimientos al RMS son significativamente superiores (4.3 kg/trampa) a los registros actuales (2.03 kg/trampa).

Este trabajo consideró que la información disponible es fragmentada y reconoce que las características espaciales de las poblaciones son complejas, siendo lo más apropiado aumentar la resolución espacial con el consiguiente compromiso en la calidad de los datos. Sin embargo, una resolución espacial más fina impide el uso de modelos integrados de análisis, debido probablemente a que la información de calidad a esa escala es escasa o de baja representación temporal. Sin embargo, modelos basados solo en composiciones de tallas de las capturas pueden ser una muy buena solución, los que no obstante se sustentan en supuestos difíciles de sostener (equilibrio), han demostrado ser útiles y muy informativos respecto del estado de las poblaciones. Al respecto y de acuerdo al estándar de calidad de los datos realizados y los criterios definidos para la estimación de PBR, se recomienda para la evaluación de stock de estos recursos el modelo "Length-Based Pseudo-Cohort Análisis" (LBPA) (Canales *et al.*, 2021), dado que es idóneo para pesquerías de data limitada porque solo se requiere datos de composiciones de tallas provenientes de las capturas y ciertos parámetros de historia de vida (e.g. L00, k, M) para la estimación del agotamiento del potencial reproductivo, mortalidad por pesca, selectividad en función a la edad, entre otros. Alternativamente y en el caso particular de la jaiba limón, producto a la escases y poca robustes que tiene los datos disponibles para la mayoría de las zonas analizadas se recomienda utilizar modelos más simples que requieran menos fuentes de información como: Optimized Catch Only Method (OCOM; Zhou *et al*., 2018) y Catch Maximum Sustainable Yield (CMSY2; Froese *et al*., 2017), en el caso de solo tener datos de estadísticas de desembarques. Estos modelos son en general más sesgados y se sustentan solo en las estadísticas de capturas y supuestos sobre resiliencia poblacional. Las indicaciones para una correcta aplicación de los modelos, como las consideraciones y criterios que se deben incluir para la evaluación de estos tipos de recursos se explicitan en un manual.

Executive Summary

This report provides the results obtained during the development of the FIPA 2021-14 project: "Proposal of a biological reference point for benthic crustacean fisheries", executed by the School of Marine Sciences of the Pontifical Catholic University of Valparaíso in conjunction with ECOS Research Center.

In first instance, a search and review of the literature was carried out for the king crabs *Lithodes santolla* and *Paralomis granulosa*, marble crab (*Metacarcinus edwarsii*) and lemon crab (*Cancer porteri*), with the objective of establishing knowledge and information gaps, to subsequently define and/or establish the technical work standard for estimating the Maximum Sustainable Yield (MSY) and Biological Reference Points (BRP). The collection of background information focused on the studies reported since 1990 to 2020 between the Valparaíso Region and the Magallanes Region. The information collected was systematized through a bibliographic database built in Microsoft Excel, and the documents were entered into MENDELEY DESKTOP, an electronic reference manager. The collection of information was specifically focused on the data necessary for the estimation of BRP, which was later systematized through a second database. The existence and accessibility of the data on the attributes (variables) of the resources and their fisheries, including their spatial and temporal nature, were analyzed to later classify the quality of the information, and thus define the ideal models to apply in the calculation of BRP.

Considering the best information available (at local level), it was determined that for *Lithodes santolla* there is high quality information, being able to apply statistical models integrated in age/size. *P. granulosa* and *M. edwarsii* presented low data quality in certain areas, however, considering only the best quality data available, it is possible to implement equilibrium models based on length compositions. The resource with the lowest quality and scarcity of information was the lemon crab, where in most of the analyzed areas it is only feasible to implement models based on catch and landing data.

In order to determine for each fishery, the indicators corresponding to the MSY level, the Management Plans (MP) in development were reviewed. Subsequently, workshops were held with the users of the fisheries under analysis, to identify possible indicators and Empirical Reference Points (ERP) that the fishermen themselves have incorporated into their tasks or fishing seasons. On the other hand, the workshops sought to discuss and analyze different management strategies that allow an eventual implementation of Catch Control Rules (RCC). From the review of the MP in development, most of the analyzed resources have established only general objectives, which have not been associated with an indicator either. Only the Benthic Crustacean's Management Committee of Los Lagos Region have detailed their management

objectives a little more, where they have defined a limit reference point of 0.3 kg/trap and objective reference point of 1 kg/trap to "maintain fishing yields". However, they have not yet been checked against BRP estimated from modeling processes, so it is not possible to determine if they are consistent with an MSY level.

Through workshops held with users, it was possible to determine 2 main Empirical Reference Points: (i) percentage of mega-spawners in landings and (ii) Catch per Unit Effort (CPUE) in kg/trap. For the lemon crab (Valparaíso Region), fishing yields are around 8 kg/trap and can reach more than 20 kg/trap in some fishing operations. Regarding the percentage of mega-spawners, on average 20% of the catch is above 15 cm while the remaining 80% is above 13 cm. According to the perception of the fishermen, the size structures have remained constant since the beginning of the fishery. For the marble crab (Dalcahue and Bay of Ancud), yields are currently 6 kg/traps and with a mega-spawning proportion of 35% in winter and 20% in summer. In a target condition, the desired yield is 7kg/trap with 40% mega-spawning in winter and 30% in summer. Under a limit scenario, a yield of 3.3 kg/trap and a percentage of mega-spawning less than 3% are expected. At the beginning of the fishery, the yields were around 15 kg/trap and with 70% mega-spawning. For *L. santolla* (outer sea of the Los Lagos Region), under a limit scenario, a yield of 2.5 kg/trap is expected, while for a current and objective scenario, 7.5 kg/trap is estimated. The size structure has remained constant in the fishery with specimens between 10.5 and 12.5 cm.

Regarding the possible management strategies to be implemented, the fishermen were reluctant to give an opinion in this matter, stating that there are previous conditions that must be analyzed and modified to advance in restriction measures. However, as an additional activity, a survey was applied to the *M. edwarsii* fishery in the Los Lagos Region, asking for five management measures through a supply game approach. The results obtained indicated that all the measures reached a price higher than the reference value ($400). The sale price for accepting the adoption of measures aimed at limiting catches or effort (30% reduction in catches, 30% reduction in traps and one-month summer ban) was significantly higher than the sale price associated with accepting changes in fishing practices such as the modification of the gear by incorporating three escape windows in each trap.

BRP estimation was carried out using a Recruit Equilibrium Model for *L. santolla* from the Magallanes Region (north, center-south), *P. granulosa* from the Magallanes Region (central and south), *M. edwarsii* from the Bay of Ancud, Dalcahue and the Aysén Region, and *C. porteri* from the Valparaíso Region and the Biobío Region. The geographic scope was determined based on the best information available, and by the criteria currently used in stock assessment for *L. santolla* and *M. edwarsii*. However, the estimates were carried out under different conditions of structural uncertainty regarding the assumptions about the stock recruit relationship (h: 0.6 and 0.75) and

the size at maturity (morphological and physiological). For management purposes, a fully-exploitation range was established, which applies when 95% of the RMS is reached.

Under a precautionary approach (low resilience and size at morphological maturity), the estimated BRP for *L. santolla* in the Magallanes Region indicate that 42% of the spawning biomass should be protected by applying fishing mortality levels of 0.27 in the north zone, 0.23 in the central zone and 0.26 in the south zone. For *P. granulosa* of the Magallanes Region, an escape of 44% of the virgin biomass should be left with levels of fishing mortality of 0.31 in the central zone and 0.49 in the southern zone. In the case of *M. edwarsii*, approximately 42% of the virgin biomass should be protected with fishing mortality levels of 0.14 in Ancud, 0.12 in Dalcahue and 0.27 in Aysén. Finally, for *C. porteri* of the Biobío Region, to reach the MSY, an escape of 43% of DB would have to be left with a level of fishing mortality of 0.33.

In some scenarios it was not possible to estimate the biological reference points, since the yield curve became asymptotic, making it impossible to obtain the maximum fishing mortality value, which would imply that high levels of fishing mortality could be applied in these areas. This would be mainly due to two factors: the size at maturity and the selectivity patterns of the fisheries. The results obtained allow us to infer that, to reach the Maximum Sustainable Yield, relatively low levels of fishing mortality should be applied when the size at maturity is closer to the size at harvest. A small change in the selectivity of the fishery would imply significant changes in terms of effort.

To link theoretical BRPs with empirical BRPs, the value of depletion of the spawning potential ratio (SPR) and the current fishing mortality (F) were estimated using the "Length Based Pseudo Cohort Analysis" model (Canales et al., 2021) for *P. granulosa* in the central zone (SPR= 0.37 and F= 0.74) and south zone (SPR= 0.38 and F= 0.88), and for *C. porteri* of the Biobío Region (SPR= 0.14 and F= 7.10). In the case of *L. santolla* and *M. edwarsii*, the results obtained from the stock assessment reported by Yañez et al., (2022) were used. The estimated SPR and F were linked with the empirical BRPs recognized by the fishermen and their most recent values reported by IFOP in the framework of the "Benthic Crustacean Fisheries Monitoring Program".

The link between the theoretical PBR and the empirical PBR determined that practically in all the areas evaluated, according to the fishery, the current yields are below those that should be obtained when reaching the MSY, with the exception of crab in the northern area of Magellan, where the current yield (1.27 kg/trap) is higher than what should be obtained if the RMS were reached (1.06 kg/trap). In the central and northern zone, the current yield is approximately 5% and 7% below the reference level, respectively. For the king crab resource in the southern area of the Magallanes Region, it was estimated that the yield that should be observed in the fishing operations if it were at RMS is 25.68 kg/traps, slightly higher than the current condition (24.4 kg/ trap). In the case of the marmola crab, in the Ancud and Dalcahue area, the current yields (5.5

kg/trap) should be approximately double the current one. A smaller difference occurs in Aysén, where the current yield is 17% below the reference value. For the lemon crab from the Biobío Region, it was possible to determine that the yields at RMS are significantly higher (4.3 kg/trap) than the current records (2.03 kg/trap).

This work considered that the available information is fragmented and recognizes that the spatial characteristics of the populations are complex, being the most appropriate to increase the spatial resolution with the consequent compromise in increasing the quality of the data. However, a finer spatial resolution prevents the use of integrated analysis models, probably because the quality information at that scale is scarce or of low temporal representation. Models based only on size compositions of the catches can be a very good solution, which, despite being based on assumptions that are difficult to sustain (balance), have proven to be useful and very informative regarding the state of the populations. In this regard and according to the quality standard of the data and the criteria defined for the estimation of PBR, the "Length-Based Pseudo-Cohort Analysis" (LBPA) model is recommended for the stock evaluation of these resources (Canales et al. al., 2021), since it is suitable for fisheries with limited data and only require size composition data from the catch and certain life history parameters (e.g. L00, k, M) for the estimation of reproductive potential depletion, fishing mortality, selectivity based on age, among others. Alternatively, and in the particular case of *C. porteri*, due to the scarcity and lack of robustness of the data available for most of the analyzed areas, it is recommended to use simpler models that require fewer sources of information, such as: Optimized Catch Only Method (OCOM; Zhou et al., 2018) and Catch Maximum Sustainable Yield (CMSY2; Froese et al., 2017), in the case of only having landing statistics data. These models are generally more biased, relying only on catch statistics and assumptions about population resilience. The indications for a correct application of the models, as well as the considerations and criteria that must be included for the evaluation of these types of resources are explained in a manual.

Índice General

1. Objetivo General 19

2. Objetivos Específicos 19

3. Antecedentes 20

4. Metodología 25

4.1. Objetivo específico 1: Establecer las brechas de conocimiento e información de los recursos en las pesquerías de jaibas, centolla y centollón. 25

4.1.1. Revisión y sistematización de las investigaciones existentes sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón. 26

4.1.2. Revisión y sistematización de los datos e información disponible sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón. 27

4.1.3 Análisis dual de las brechas o vacíos existentes de información y datos sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón. 30

4.1.4 Primer taller técnico 30

4.2. Objetivo específico 2: Definir y/o establecer el estándar técnico de trabajo para la estimación Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y PBR asociado a éste o de los indicadores afines. 31

4.2.1 Consideraciones ecológicas y biológicas 31

4.2.2 Establecimiento del estándar técnico 31

4.3. Objetivo específico 3: Determinar para cada pesquería los indicadores correspondientes a nivel RMS. 34

4.3.1 Adecuación con los Planes de Manejo en desarrollo 35

4.3.2 Coordinación y preparación de talleres 35

4.3.3 Puntos de Referencia Empíricos (PRE) 38

4.3.4 Valorización de estrategias de manejo aplicables 40

4.4. Objetivo específico 4: Determinar por recurso y pesquería los PBR e indicadores de estatus acorde a lo definido en la Ley General de Pesca y Acuicultura. 43

4.4.1 Orientaciones para la determinación de PBR basados en el RMS 43

4.4.2 Zona de estudio 50

4.4.3 Datos biológicos y pesqueros 52

4.4.4 Talleres de trabajo 57

4.5. Objetivo específico 5: Proponer procedimientos alternativos de evaluación de stock y sus requerimientos de datos e información acorde a las características de los recursos y el régimen operacional de la pesquería. 58

4.5.1 Length-Based Pseudo-Cohort Analysis (LBPA) 58

4.5.2 Optimized Catch Only Method (OCOM) 59

4.5.3 Catch Maximum Sustainable Yield CMSY2 60

5. Resultados 61

5.1. Objetivo específico 1: Establecer las brechas de conocimiento e información de los recursos en las pesquerías de jaibas, centolla y centollón. 61

5.1.1. Revisión y sistematización de las investigaciones existentes sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón. 61

5.1.2. Revisión y sistematización de los datos e información disponible sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón 64

5.1.3. Análisis dual de las brechas o vacíos existentes de información y datos sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón. 71

5.1.4. Primer taller técnico 71

5.2. Objetivo específico 2: Definir y/o establecer el estándar técnico de trabajo para la estimación Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y PBR asociado a éste o de los indicadores afines. 73

5.2.1. Consideraciones ecológicas y biológicas 73

5.2.2. Establecimiento del estándar técnico 77

5.3. Objetivo específico 3: Determinar para cada pesquería los indicadores correspondientes a nivel RMS. 84

5.3.1 Adecuación con los planes de manejo en desarrollo 84

5.3.2 Coordinación y preparación de talleres 87

5.3.3 Puntos de Referencia Empíricos (PRE) 88

5.3.4 Valorización de estrategias de manejo aplicables 91

5.4. Determinar por recurso y pesquería los PBR e indicadores de estatus acorde a lo definido en la Ley General de Pesca y Acuicultura. 94

5.4.1 Puntos Biológicos de Referencia (PBR) 94

5.4.2 Vinculación de PBR teóricos con PBR empíricos 109

5.5 Proponer procedimientos alternativos de evaluación de stock y sus requerimientos de datos e información acorde a las características de los recursos y el régimen operacional de la pesquería. .. 113

5.1. Length-Based Pesudocohort Analysis (LBPA) 113

5.2.Optimized Catch Only Method (OCOM) y Catch Maximum Sustainable Yield (CMSY2) 124

6. Análisis y Discusión de Resultados 128

7. Conclusiones 133

8. Referencias 136

9. Anexos 140

Índice de Tablas

Tabla 1. Medidas de administración establecidas para los recursos jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón..... 21
Tabla 2. Listado de los campos considerados para la base de datos bibliográfica (Fuente: Elaboración propia). 26
Tabla 3. Listado de campos considerados para la base de datos relacionales sobre disponibilidad de información de los recursos y pesquerías de interés (Fuente: Elaboración propia)..... 28
Tabla 4. Categorías en función del tipo de modelos y datos (ámbitos) requeridos. 32
Tabla 5. Principales modelos de evaluación implementados en poblaciones de peces y crustáceos..... 33
Tabla 6. Escenarios relacionados a la obtención de Puntos de Referencia Empíricos basado en rendimientos de pesca explorados en los talleres. 39
Tabla 7. Escenarios relacionados a la obtención de Puntos de Referencia Empíricos basado en tallas (% de mega- desovantes) explorados en los talleres. 39
Tabla 8. Variables operacionales como indicadores de abundancia, ventajas y desventajas como propuesta de indicadores del estado poblacional de crustáceos demersales en Chile. 46
Tabla 9. Definición de parámetros biológicos y pesqueros utilizados para la estimación de PBR. 52
Tabla 10. Parámetros biológicos y pesqueros considerados para la estimación de PBR del recurso centolla en la zona norte, centro y sur de la Región de Magallanes. 53
Tabla 11. Parámetros biológicos y pesqueros considerados para la estimación de PBR del recurso centollón en la zona centro y sur de la Región de Magallanes. 54
Tabla 12. Parámetros biológicos y pesqueros considerados para la estimación de PBR del recurso jaiba marmola en la Bahía de Ancud, Dalcahue y la Región de Aysén. 54
Tabla 13. Parámetros biológicos y pesqueros considerados para la estimación de PBR del recurso jaiba limón en la Región de Valparaíso y en la Región del Biobío..... 55
Tabla 14. Escenarios de análisis para la estimación de PBR de los recursos centolla, centollón, jaiba marmola y jaiba limón. 56
Tabla 15. Número de fuentes por tipo de documento/institución y año (Fuente: Elaboración propia).... 62
Tabla 16. Número de fuentes encontrados en la revisión bibliográfica por recurso y por tipo de documentos/institución (Fuente: Elaboración propia). 63
Tabla 17. Disponibilidad de información por ámbito y recurso (Fuente: Elaboración propia)..... 64
Tabla 18. Puertos de desembarque identificados por SNPA, individualizados por Región y recurso (Fuente: Elaboración propia). 66
Tabla 19. Línea base resumen construida a partir de la sistematización de la información (Fuente: Elaboración propia). 68
Tabla 20. Resumen estadístico de desembarque del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Fuente: Elaboración propia). 70
Tabla 21. Resumen de opiniones, comentarios y/o sugerencias propuestas a lo largo del taller según tópicos generales. 72
Tabla 22. Aspectos ecológicos y biológicos del recurso centolla. 73
Tabla 23. Aspectos ecológicos y biológicos del recurso centollón. 74
Tabla 24. Aspectos ecológicos y biológicos del recurso jaiba limón. 75

Tabla 25. Aspectos ecológicos y biológicos del recurso jaiba marmola. 76
Tabla 26. Estándar de calidad para la clasificación de los datos disponibles por ámbito. 78
Tabla 27. Clasificación de la calidad de los datos (ámbitos) por recurso 79
Tabla 28. Categoría de modelos de evaluación a implementar por recurso. 81
Tabla 29. Datos (ámbitos) disponibles por recurso para la implementación de modelos de evaluación. . 82
Tabla 30. Comités de Manejo que consideran a las especies bajo análisis en su ámbito de gestión y resumen de los avances en materia de definición de objetivos operacionales a nivel de PM aprobados u objetivos no aprobados analizados en el marco de las discusiones del CM (Fuente: elaborado con información del repositorio web de CM que administra la SSPA (SSPA. s.f.)). 84
Tabla 31. Puntos de referencias operacionales para la pesquería de jaiba marmola en la Región de Los Lagos (Canales et al., 2020). 85
Tabla 32. Actividades de trabajo realizadas con las partes interesadas de las pesquerías bajo análisis. .. 87
Tabla 33. Tallas definidas como mega-desovantes. 88
Tabla 34. Puntos de Referencia Empíricos basados en rendimientos de pesca (CPUE) establecidos en los talleres para los escenarios: temporada de pesca año 2021 (CPUE 2021), rendimiento deseado (CPUE objetivo), rendimiento límite (CPUE límite) y rendimiento al inicio de la pesquería (CPUE inicial). 90
Tabla 35. Puntos de Referencia Empíricos basados en el porcentaje de mega-desovantes (%MD) establecidos en los talleres para los escenarios: temporada de pesca año 2021 (% MD 2021), porcentaje deseado (% MD objetivo), porcentaje límite (% MD límite) y porcentaje al inicio de la pesquería (% MD inicial). 90
Tabla 36. Número de armadores activos que reportaron capturas iguales o superiores a una tonelada por año en la Región de Los Lagos (Fuente: Elaboración propia en base a información de declaraciones de captura artesanal proporcionadas mediante el sistema de transparencia del SNPA). 92
Tabla 37. Puntos Biológicos de Referencias estimados para el recurso centolla en la zona norte, centro y sur de la Región de Magallanes, bajo distintos escenarios de resiliencia y madurez. 95
Tabla 38. Puntos Biológicos de Referencias estimados para el recurso centollón en la zona centro y sur de la Región de Magallanes, bajo distintos escenarios de resiliencia y madurez. 99
Tabla 39. Puntos Biológicos de Referencias estimados para el recurso jaiba marmola en la Bahía de Ancud, Dalcahue y la Región de Aysén, bajo distintos escenarios de resiliencia y madurez. 102
Tabla 40. Puntos Biológicos de Referencias estimados para el recurso jaiba limón en la Región del Biobío bajo distintos escenarios de resiliencia y madurez. 106
Tabla 41. Agotamiento del potencial reproductivo (SPR) y mortalidad por pesca (F) de los recursos centolla de la Región de Magallanes (zona norte, centro y sur), centollón de la Región de Magallanes (zona centro y sur), jaiba marmola de la Bahía de Ancud, Dalcahue, Aysén, y jaiba limón de la Región del Biobío (Fuente: Yañez et al., 2022). 109
Tabla 42. Agotamiento del potencial reproductivo (SPR), PBR objetivo, rendimiento actual y rendimiento al RMS (kg/trampa) para los recurso centolla de la Región de Magallanes (zona norte,centro y sur), centollón de la Región de Magallanes (zona centro y sur), jaiba marmola de la Bahía de Ancud, Dalcahue, Aysén, y Jaiba limón de la Región del Biobío. 112
Tabla 43. Archivos necesarios para la implementación del modelo LBPA. 114
Tabla 44. Parámetros biológicos y número de edades. 115
Tabla 45. Parámetros de la pesquería analizada. 118
Tabla 46. Archivos obtenidos posterior a la ejecución del modelo. 120
Tabla 47. Variables de desempeño obtenidas a partir del modelo de evaluación. 124

Índice de Figuras

Figura 1. Desembarques (t) promedio de los últimos cinco años (2016-2020) de los recursos jaiba limón, jaiba marmola, centollón y centolla en Chile (Valparaíso-Magallanes) (Construido con datos del SNPA,2022). 20
Figura 2. Diagramas de fase del recurso centolla desde la Región de Los Ríos a Región de Magallanes (a), y del recurso jaiba marmola en la Zona de Ancud (b). (Fuente: Tomado de SSPA, (2020); Yañez et al., (2017)). 22
Figura 3. Etapas y consideraciones para el manejo de pesquerías (Fuente: Elaboración propia). 23
Figura 4. Ilustraciones utilizadas en los talleres para analizar los conceptos de indicador y Puntos Biológicos de Referencia con las partes interesadas. 37
Figura 5. Preguntas y set de medidas utilizadas para identificar factibilidad y nivel de cumplimiento probable en caso de requerir la implementación de una Regla de Control de Captura/esfuerzo. 40
Figura 6. Ejemplo de curvas de biomasa (SPR) y rendimiento por recluta (YPR) de equilibrio en el largo plazo si la población es manejada con niveles constantes de mortalidad por pesca. Las líneas segmentadas representan un ejemplo de objetivo respecto de la biomasa y mortalidad por pesca al 40% de la biomasa virgen (SPR, %B0). El círculo negro es la condición actual. (Fuente: Elaboración propia a partir del modelo Canales et al., 2021). 44
Figura 7. Diagrama de flujo del cálculo de la mortalidad por pesca de referencia y CBA. SPR es la tasa de potenciar reproductivo como indicador de la reducción de la biomasa virginal (e.g. SPR=0.4) (Fuente: Elaboración propia). 44
Figura 8. Ejemplo de índices: capturas, esfuerzo de pesca, rendimientos de pesca de jaiba marmola en la Región de Los Lagos. La línea horizontal representa el promedio (Fuente: Bahamonde et al., 2006). 48
Figura 9. Talla promedio registradas en las capturas de jaiba marmola en la Región de Los Lagos. Los cuadros representan a machos y triángulos las hembras (Fuente: Bahamonde et al., 2006). 49
Figura 10. Área de estudio y delimitación de zonas de pesca para la estimación de PBR de los recursos centolla y centollón de la Región de Magallanes. (Fuente: Yañez et al., 2022 a partir de Daza et al., 2016). 51
Figura 11. Información disponible para cada recurso por ámbito, y por tipo y/o Institución (Fuente: Elaboración propia). 65
Figura 12.Fotografías del taller de jaiba limón realizado en San Antonio con informantes claves. 87
Figura 13. Proporción de precios de venta respecto del precio de referencia actual ($400 por kilo). Valores proporcionados por los armadores a cambio de aceptar la adopción de diferentes medidas de manejo. Las letras sobre cada serie muestran las variables que presentaron diferencias significativas mediante la prueba de Dunn. Ventanas de escape (3 ventanas de escape de 7 cm de diámetro por trampa); veda invierno (junio - agosto); límite de captura (30% menos de los actual); límite de trampas (30% menos de lo actual); veda verano (febrero-marzo). 93
Figura 14. Calificación promedio de medidas de manejo en base a su factibilidad de implementación en la pesquería de jaiba marmola (n=38 armadores). Escala de 1 a 7. Las barras de error representan la desviación estándar. 93
Figura 15. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de

crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centolla, Zona norte de la Región de Magallanes, talla fisiológica de 103.5 mm (LC). 96
Figura 16. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centolla, Zona centro de la Región de Magallanes, talla fisiológica de 103.5 mm (LC). 97
Figura 17. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centolla, Zona sur de la Región de Magallanes, talla fisiológica de 103.5 mm (LC). 98
Figura 18. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centollón, Zona centro de la Región de Magallanes, talla morfológica de 57 mm (LC). 100
Figura 19. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centollón, Zona sur de la Región de Magallanes, talla morfológica de 57 mm (LC). 101
Figura 20. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba marmola, Bahía de Ancud, talla fisiológica de 101.52 mm (AC). 103
Figura 21. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba marmola, Dalcahue, talla fisiológica de 110.38 mm (AC). 104
Figura 22. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba marmola, Aysén, talla fisiológica de 115.2 mm (AC). 105
Figura 23. **(**a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba limón, Región del Biobío, talla fisiológica de 96.8 mm (AC). 107
Figura 24. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba limón, Región del Biobío, talla fisiológica de 103.9 mm (AC). 108
Figura 25. (a) Ajuste del modelo a las composiciones de tallas, (b) Residuales en contra de los valores predichos, (c) Residuales normalizados, (d) Histograma de residuales normalizados. Centollón, Región de Magallanes, zona centro. 110
Figura 26. (a) Ajuste del modelo a las composiciones de tallas, (b) Residuales en contra de los valores predichos, (c) Residuales normalizados, (d) Histograma de residuales normalizados. Centollón, Región de Magallanes, zona sur. 110

Figura 27. (a) Ajuste del modelo a las composiciones de tallas, (b) Residuales en contra de los valores predichos, (c) Residuales normalizados, (d) Histograma de residuales normalizados. Jaiba limón, Región del Biobío..... 111
Figura 28. Descarga de archivos desde el portal GitHub. 113
Figura 29. Grabado de archivos con codificación “ANSI”. 114
Figura 30. Ingreso de parámetros biológicos y número de edades en el archivo lbpa.dat. 115
Figura 31. Ingreso de composiciones de longitudes en el archivo lbpa.dat. 116
Figura 32. (a) Composición de tallas cada 1 mm. (b) Composición de tallas cada 2 mm. (n=1261)..... 117
Figura 33. Ingreso de parámetros, coeficientes de variación y fases de estimación en el archivo lbpa.dat. 118
Figura 34. Ingreso del objetivo de manejo, relación stock/recluta y tamaño de muestra en el archivo lbpa.dat. 119
Figura 35. Ejemplo para ejecutar el modelo de análisis mediante el programa RStudio. 121
Figura 36. Ejemplo de finalización en la ejecución del modelo. 121
Figura 37. (a) Ajuste del modelo a las composiciones de tallas. Residuales en contra de los valores predichos (b). 122
Figura 38. (a) Composiciones de tallas de la fracción explotable virginal, objetivo y actual. (b) Curvas de selectividad y madurez. (c) Curvas de rendimiento relativo y biomasa por recluta con la condición actual (circulo negro) y puntos de referencia (líneas segmentadas)..... 122
Figura 39. Composiciones de tallas por grupo de edad teóricos. (a) Población virginal, (b) Población actual, y (c) Capturas actuales. 123
Figura 40. Variables de desempeño reportadas en el archivo “lbpa.rep”..... 123
Figura 41. Ordenamiento de los datos de captura en un archivo Excel. 124
Figura 42. Código de los métodos CMSY2 y OCOM en la plataforma Rstudio. Se resalta en azul, el nombre del archivo Excel..... 127

Índice de Anexos

Anexo 1: Acta reunión de coordinación 140
Anexo 2 : Acta primer taller técnico 143
Anexo 3: Invitación y agenda del primer taller técnico 147
Anexo 4. Claves, ámbitos y atributos para facilitar la búsqueda de archivos e información 148
Anexo 5: Lista de participantes al primer taller técnico 149
Anexo 6. Acta reunión de coordinación de trabajo 150
Anexo 7. Solicitud de datos biológicos-pesqueros 151
Anexo 8. Invitación y agenda a los talleres de trabajo en el marco del objetivo específico 4 152
Anexo 9. Acta taller de trabajo en el marco del objetivo específico 4 155
Anexo 10. Presentaciones realizadas a los Comité de Manejo 158
Anexo 11. Cuestionario acerca del desempeño de la pesquería de centolla y centollón en la Región de Magallanes 159
Anexo 12. Taller de difusión de resultados 164
Anexo 13. Talleres y reuniones de trabajo realizados 167
Anexo 14. Personal participante por actividad 168

1. Objetivo General

Determinar con la mejor información científica disponible los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) para las pesquerías de jaiba marmola (*Metacarcinus edwarsii*) y jaiba limón (*Cancer porteri*), y de centolla (*Lithodes santolla*) y centollón (*Paralomis granulosa*).

2. Objetivos Específicos

2.1 Establecer las brechas de conocimiento e información de los recursos en las pesquerías de jaibas, centolla y centollón.

2.2 Definir y/o establecer el estándar técnico de trabajo para la estimación Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y PBR asociado a éste o de los indicadores afines.

2.3 Determinar para cada pesquería los indicadores correspondientes a nivel RMS.

2.4 Determinar por recurso y pesquería los PBR e indicadores de estatus acorde a lo definido en la Ley General de Pesca y Acuicultura.

2.5 Proponer procedimientos alternativos de evaluación de stock y sus requerimientos de datos e información acorde a las características de los recursos y el régimen operacional de la pesquería.

3. Antecedentes

En Chile, según las cifras oficiales del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SNPA) correspondientes al 2020, los crustáceos aportaron con 42.705 t al desembarque nacional. De este total, el 39% está representado por los recursos jaibas (5.644 t), centolla (3.741 t) y centollón (3.068 t). Las pesquerías de jaibas se desarrollan en el área de reserva artesanal a lo largo de todo el litoral del país, mediante la utilización de trampas en su mayoría, y en menor escala por buceo. Acorde a los registros del SNPA, 10 especies son desembarcadas a nivel nacional, enfocándose principalmente sobre jaiba marmola (*Metacarcinus edwarsii*) y jaiba limón (*Cancer porteri*). En el caso de *M. edwarsii*, la actividad se concentra entre la Región del Biobío y la Región de Aysén, en tanto que para el caso de *C. porteri*, las actividades se concentran entre la Región de Valparaíso y la Región del Biobío. Por su parte, la pesquería de centolla (*Lithodes santolla*) y centollón (*Paralomis granulosa*) se lleva a cabo en aguas interiores, principalmente en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, no obstante, también existe una importante actividad sobre la centolla en la Región de Los Lagos y, últimamente, en la Región de Aysén (**Figura 1**).

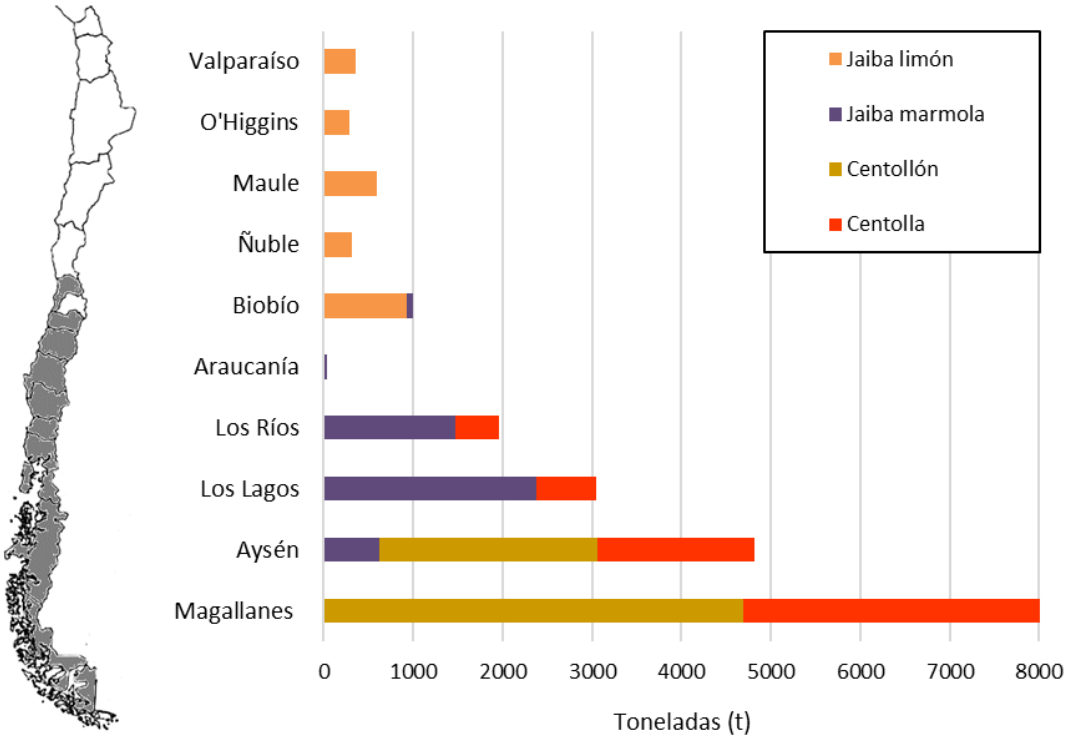


Figura 1. Desembarques (t) promedio de los últimos cinco años (2016-2020) de los recursos jaiba limón, jaiba marmola, centollón y centolla en Chile (Valparaíso-Magallanes) (Construido con datos del SNPA,2022).

En la **Tabla 1** se indican las medidas de administración que rigen actualmente en las zonas donde se desarrolla la pesquería de los recursos jaiba mamola, jaiba limón, centolla y centollón.

Tabla 1. Medidas de administración establecidas para los recursos jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón.

Recurso	Normativa
Jaiba marmola y jaiba limón	Suspende transitoriamente la inscripción en el Registro Artesanal en la Pesquería Jaiba, Región de Los Lagos (R. Ex. N° 3606/2012).
	Veda indefinida a nivel nacional de hembras ovígeras de los recursos jaiba peluda, jaiba marmola y jaiba mora (D. Ex. N°9/1990).
	Talla mínima de extracción de 120 mm de ancho cefalotoráxico, medida entre los bordes externos del sector más ancho del caparazón, para los recursos jaiba peluda, jaiba marmola y jaiba mora (D. Ex. N°9/1990).
	Talla mínima de extracción de 110 mm de ancho cefalotoráxico en la Región de Los Lagos para el recurso jaiba marmola (R. Ex. N° 3606/2012).
	En todo el territorio nacional, el transporte de las especies de jaibas en estado natural sólo podrá realizarse con ejemplares vivos y, el transporte de carne de jaiba con la correspondiente "Guía de Libre Tránsito" (D. Ex. N°9/1990).
Centolla y Centollón	Utilización de trampas como único arte de pesca. En consecuencia, se prohíbe el uso de redes o de cualquier otro arte, sistema o elemento de pesca (D.Ex. N° 442/1981).
	Veda permanente de hembras. Prohibición de desembarque y comercialización (D.S. N° 39/1983 y D. Ex. N° 443/1990).
	Ingresar ejemplares machos vivos a las plantas de proceso (D. Ex. N° 375/1987).
	Suspendida transitoriamente la inscripción en el registro Artesanal para la pesquería del recurso centolla, desde la Región de Los Ríos a la Región de Magallanes (R. Ex. N° 3963/2019).
	Veda biológica para la especie centolla que rige desde el 1 de diciembre de cada año y el 30 de junio del año siguiente, para el paralelo 46° 30’ 00’’ y la Región de Magallanes (DS. N° 443/1991).
	Veda biológica para la especie centolla comprendida entre el 1 de diciembre de cada año y el 31 de enero del año siguiente, para la Región de Los Lagos y el paralelo 46° 30’ 00’’LS (D. Ex. N° 509/1991).
	Talla mínima de extracción de 100 mm para la especie centolla en el área comprendida entre el paralelo correspondiente al límite norte de la Región de Los Lagos y el paralelo 46° 30’ 00’’ L.S; y de 120 mm al sur de dicho paralelo (D.Ex. N° 375/1987).
	Talla mínima de extracción de 80 mm para el recurso centollón (D.S. N° 442/1981).
	Veda biológica entre el 01 de diciembre y 31 de enero para el recurso centollón (D.Ex. N° 134/1996).

La investigación en torno a crustáceos bentónicos se ha focalizado básicamente en el monitoreo de la pesquería, y en menor escala a la determinación de parámetros biológicos/pesqueros y a la aplicación de distintos enfoques metodológicos para la evaluación de stock. Respecto del estado de conservación de los crustáceos bentónicos, particularmente jaiba y centolla, se aborda a través del Proyecto *Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales*, que ejecuta el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). En este sentido, Yáñez (2019) implementó un procedimiento de evaluación en base a un modelo estadístico estructurado a la talla que se ajusta a las composiciones de longitudes de las capturas, series parciales de índice de abundancia para cada recurso y desembarques, además de utilizar algunos valores de entrada como parámetros biológicos de los recursos. Igualmente, probó métodos de evaluación de stock pobres en datos "Posterior focused Catch-Only Method" (Zhou *et al*., 2013). Los resultados de ambos ejercicios metodológicos respecto del estatus del recurso son similares para centolla, pero no es consistente para jaiba marmola. Esto revela que la evaluación del stock y la determinación de estatus de los crustáceos aún es un aspecto que no se ha resuelto. Sin embargo, en el último año se utilizó el modelo Length-based Pseudo-cohort Analysis (LBPA) en reemplazo del modelo Length Based-Spawning Potential Ratio (LB-SPR) (Hordyk *et al.*, 2015) producto de las significativas ventajas comparativas (Yáñez *et al*., 2022).

De acuerdo con el estado de situación de las principales pesquerías chilenas que reporta anualmente el SSPA, la centolla desde la Región de Los Ríos hasta la Región de Magallanes se encuentra en un estado de plena explotación con un nivel del 30% de la biomasa desovante virginal, pero con claras evidencias de sobrepesca, además presenta una alta probabilidad de que el recurso se encuentre en tránsito a un estado de sobre explotación (SSPA,2022) (**Figura 2**). Respecto a la jaiba marmola, el recurso al 2020 presenta un potencial reproductivo de 0.27 y niveles de mortalidad por pesca superiores a los de referencia (F/F40% =2.23) (Yáñez *et al*., 2022).

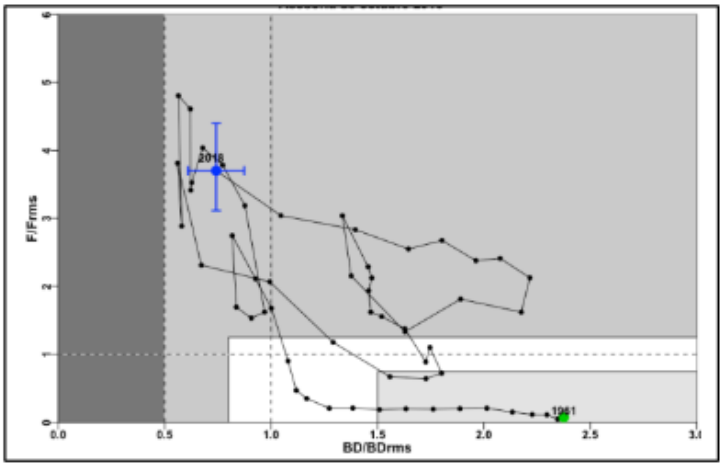


Figura 2. Diagramas de fase del recurso centolla desde la Región de Los Ríos a la Región de Magallanes. (Fuente: Tomado de SSPA, 2022).

La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), mandata mantener o llevar las pesquerías hacia el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), aplicando el enfoque precautorio, el enfoque ecosistémico, y propendiendo al desarrollo sustentable de la actividad. Para ello, se hace necesario entender la dinámica y condición de los stocks explotados, para establecer las medidas de regulación apropiadas, acorde al estado de conservación del recurso. Para el establecimiento del estado de conservación del recurso es necesario disponer de la definición de PBR, que de acuerdo con LGPA corresponde a un valor o nivel estandarizado que tiene por objeto establecer la medida a partir de la cual o bajo la cual queda definido el estado de situación de las pesquerías, pudiendo referirse a: biomasa, mortalidad por pesca, o tasa de explotación. Sin embargo, para pesquerías bentónicas y, en particular para el caso de pesquerías de crustáceos bentónicos, esta definición de puntos referenciales pareciera no ser el más apropiado y por lo tanto se requiere buscar los indicadores que sean consistentes con el objetivo del RMS y de esta forma disponer del estatus del recurso y generar las reglas de decisión apropiadas para el manejo de las pesquerías (***Figura 3***)

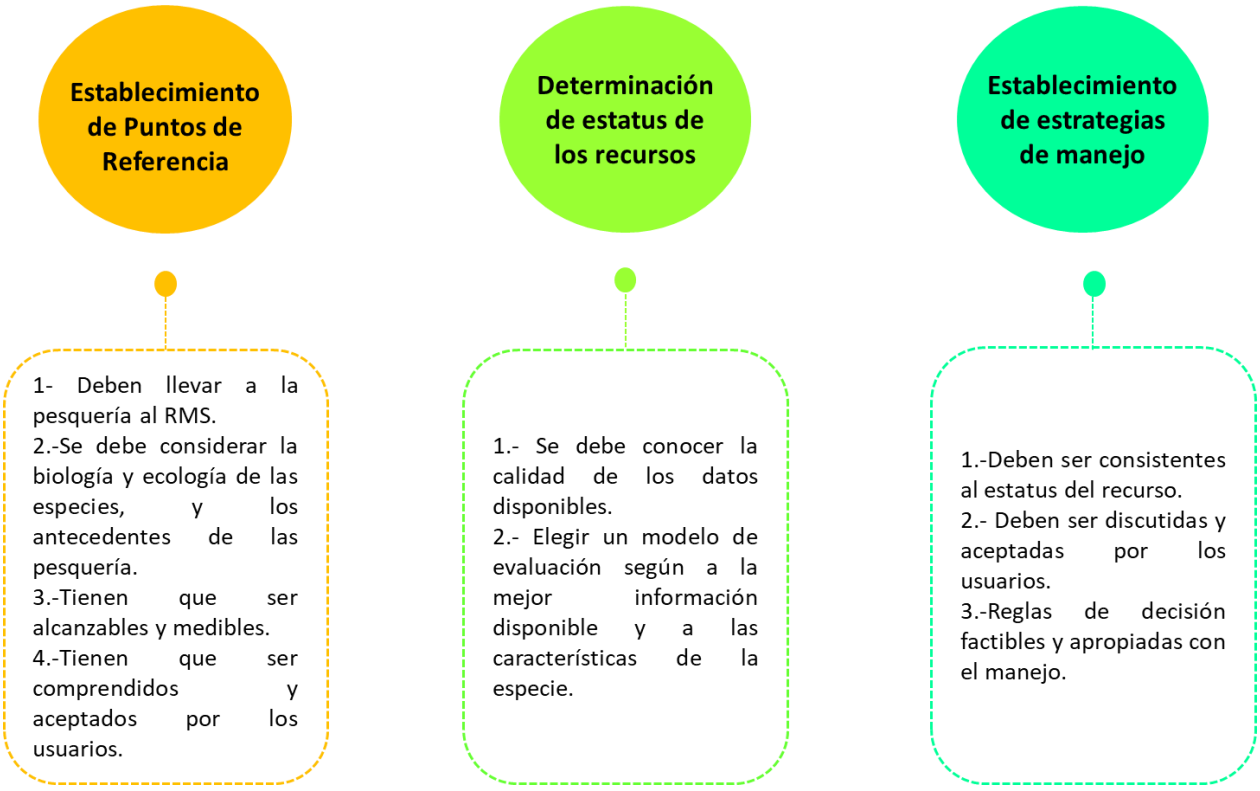


Figura 3. Etapas y consideraciones para el manejo de pesquerías (Fuente: Elaboración propia).

En Chile, se tiene suficiente experiencia en la formulación de PBR para recursos pesqueros, todos estos asociados al concepto del RMS fijado como objetivo de manejo en la actual LGPA. Todos los esfuerzos realizados (e.g. Payá *et al*., 2014) han considerado aspectos principalmente teóricos relativo a los rasgos biológicos de las especies (principalmente peces) y de la selectividad estimada en modelos de evaluación de stock. Del mismo modo, las aproximaciones al establecimiento de estos PBR se han traducido a cuestiones puramente cuantitativas basadas en *proxies* del RMS como, por ejemplo, permitir el escape del 40%-50% de la biomasa virginal B0, dependiendo ya sea de la biología de la especie como del tipo de modelo considerado. Para las pesquerías de crustáceos demersales (e.g. langostinos y camarón), se han adoptado los mismos criterios de las pesquerías de peces sin mayor discusión respecto de las particularidades biológicas de estas especies. Los fundamentos teóricos si bien son del todo relevantes, resultan poco prácticos cuando en una pesquería no se disponen de datos suficientes siquiera para generar estimaciones de los cambios ocurridos en los reclutamientos o de la escala de la población (pesquería de data limitada o pobre). En estas consideraciones, resulta fundamental avanzar hacia el establecimiento de PBR empíricos que representen los objetivos tanto de los usuarios (pescadores) como de los administradores. Estos objetivos deben ser de fácil comprensión por todos, además de ser medibles y alcanzables.

En este proyecto se desarrollaron los aspectos esenciales para el manejo sostenible de las pesquerías bajo estudio, en consideración a las directrices que mandata la actual Ley General de Pesca y Acuicultura. En este sentido, se destaca como elementos fundamentales los siguientes:

- Reuniones de trabajo con administradores, investigadores y usuarios
- Estimación de los Puntos Biológicos de Referencia para cada recurso y pesquería a partir de la mejor información científica disponible, y bajo el análisis de distintas fuentes de incertidumbre
- Definición de indicadores y puntos de referencia empíricos reconocidos por los pescadores
- Revisión y discusión de posibles estrategias de manejo para cada pesquería

4. Metodología

4.1. Objetivo específico 1: Establecer las brechas de conocimiento e información de los recursos en las pesquerías de jaibas, centolla y centollón.

Este primer objetivo buscó establecer las brechas de conocimiento e información sobre los recursos de las pesquerías de interés para este estudio, esto son: jaiba marmola (*Metacarcinus edwarsii*), jaiba limón (*Cancer porter*i), centolla (*Lithodes santolla*) y centollón (*Paralomis granulosa*). Esto como aporte al logro del propósito central u objetivo general de este estudio que es la determinación de los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) como base para las recomendaciones de manejo de estas pesquerías en el contexto de la Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley Nº 21.287 de 2019). Así, para cumplir con este primer objetivo específico se realizó un método estructurado en base a 3 grandes etapas:

(i) Revisión y sistematización de las investigaciones existentes sobre dichos recursos y pesquerías en una base de datos bibliográfica que permitió la búsqueda y localización/redireccionamiento para consulta de las mismas.

(ii) Revisión y sistematización de los datos e información disponible sobre los recursos y pesquerías en una base de datos relacionales, que contiene un conjunto de atributos (variables) sobre la biología, la dinámica poblacional y el estatus de los recursos de interés, así como del estado y tendencias de las pesquerías asociadas, explicitando la naturaleza espacial y temporal de los mismos.

(iii) Análisis dual de las brechas o vacíos existentes de información basado, por una parte, en el contraste de la disponibilidad y accesibilidad de la data sobre los atributos (variables) de los recursos y sus pesquerías, incluyendo su naturaleza espacial y temporal; y por el otro, en el contraste de la información disponible con aquella requerida por los modelos y metodologías seleccionados para la determinación de los PBR de los recursos y pesquerías de interés de este estudio.

En cuanto al horizonte temporal para el levantamiento de la información sobre conocimiento e investigación, se consideró un horizonte de tiempo que cubre los años 1990 a 2020, a nivel nacional. Por otra parte, de acuerdo con lo establecido en el punto 15 (Alcance Regional del Proyecto) de las Bases Técnicas para este estudio, la cobertura espacial de la revisión y análisis de la información considerada tuvo énfasis en la zona geográfica comprendida entre la Región de Valparaíso por el norte y la Región de Magallanes y Antártica Chilena por el sur.

4.1.1. Revisión y sistematización de las investigaciones existentes sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón.

La información recopilada estuvo enfocada únicamente a estudios pertinentes con este proyecto, dado que el propósito es recopilar los datos necesarios para la estimación de los PBR. En este sentido, la búsqueda fue basada en investigaciones sobre la biología, la dinámica poblacional, el estatus de los recursos, y en los antecedentes de las pesquerías. Para ello, se revisaron los estudios provenientes del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA) incluyendo el Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA), el Fondo de Administración Pesquera (FAP) y el Banco Integrado de Proyectos (BIP). Además, se revisaron informes de Universidades (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV); Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC); Universidad de Concepción (UDEC); Universidad Arturo Prat (UNAP); Universidad Católica del Norte (UCN) y Universidad Andrés Bello (UNAB), entre otras), así como informes de proyectos FONDEF, FONDECYT y de otros centros de investigación. Igualmente, se revisaron artículos científicos de las bases Web of Sciences y Scielo, incluyendo entre otras la revista Latin American Journal of Aquatic Resources (Lajar) y su predecesora Investigaciones Marinas. Respecto de las investigaciones sobre el estatus de los recursos y de las pesquerías, se priorizó en la revisión de los informes de los Programas de Seguimiento de las Pesquerías Nacionales y de Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, de IFOP. La información levantada sobre estas investigaciones se sistematizó a través de una base de datos bibliográfica construida en Microsoft Excel®, cuyos campos se listan en la **Tabla 2.**

Tabla 2. Listado de los campos considerados para la base de datos bibliográfica (Fuente: Elaboración propia).

Nombre del Campo	**Descripción**
Llave	Código combinado de letras (origen de la información por tipo y/o institución) y 4 dígitos numéricos indicando el número de referencia.
Año	Código numérico de 4 dígitos enteros indicando el año de publicación del informe.
Título	Texto correspondiente al título completo del documento.
Autores	Texto correspondiente al nombre y apellido de los autores del documento.
Institución	Texto correspondiente al nombre de la institución ejecutora del proyecto de investigación correspondiente al documento.
Recurso	Texto correspondiente al nombre común del recurso estudiado e indicado en el documento.
Clave x	Texto correspondiente a las cinco palabras clave sobre el contenido del documento. Se generaron 5 campos de texto paralelos para facilitar la búsqueda.
Localización	Texto correspondiente al nombre de la institución que alberga el documento, ya que puede ser diferente a la ejecutora.
Link	Hipervínculo al sitio web donde se encontró el documento, si este se presentó disponible.
Referencia	Texto conteniendo la referencia bibliográfica al documento, en formato APA.
Abstract	Texto conteniendo en el abstract o breve resumen del documento, se incorporó a la base sólo si se encontró disponible en el documento original. Esto no corresponde al resumen ejecutivo.

- Gestor de referencia electrónico: MENDELEY DESKTOP

Se destaca que toda la documentación recopilada de la revisión bibliográfica de este estudio fue ingresada en el gestor de referencias electrónico MENDELEY DESKTOP (www.mendeley.com), el cual permite crear y compartir bibliotecas específicas con otros usuarios. Esto tiene como objetivo dejar a disposición toda la información recopilada para futuras investigaciones de forma ordenada y actualizada, y que permitirá seguir siendo alimentada por otros usuarios adscritos.

4.1.2. Revisión y sistematización de los datos e información disponible sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón.

A partir de los estudios recopilados y sistematizados en el punto 4.1.1, se revisaron cada uno de los informes de investigación con el objetivo de identificar los datos que se encuentran disponibles por recurso y que fueran relevante para la estimación de los PBR. Tal información fue agrupada en nueve ámbitos: (i) Capturas, (ii) Información de peso, (iii) Composiciones de longitudes, (iv) Desembarques, (v) Índices de abundancia, (vi) Medidas de esfuerzo de pesca, (vii) Parámetros biológicos, (viii) Variables biológicas, y (ix) Otros (contempla biomasa y mortalidad por pesca). Los resultados obtenidos fueron sistematizados en una base de datos relacionales en Microsoft Excel®, donde se detalla la información disponible por: recurso, ámbito, atributo, unidad de medida, periodicidad, año de inicio y de término de la data, número de años de la serie de tiempo, Región, puerto, procedencia y las fuentes de información donde se reportó la información (**Tabla 3**).

Se destaca que, para los datos de desembarques se revisaron además los anuarios estadísticos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SNPA) en consideración que es la Institución responsable de recopilar y reportar las cifras oficiales a nivel nacional, la cual se específica por Región, puerto y sector (artesanal e industrial).

Con el propósito de analizar la disponibilidad de información por ámbito y recurso, se contabilizó el número de fuentes donde se reportaron los datos de interés, la cual fue clasificada de la siguiente manera:

- **Abundante**: 31 o más fuentes de información diferentes
- **Buena**: Entre 21 y 30 fuentes de información diferentes
- **Moderada**: Entre 11 y 20 fuentes de información diferentes
- **Escasa**: Entre 1 y 10 fuentes de información diferentes

Tabla 3. Listado de campos considerados para la base de datos relacionales sobre disponibilidad de información de los recursos y pesquerías de interés (Fuente: Elaboración propia).

Nombre Campo	Descripción	Contenido
RECURSO	Nombre del recurso al que se refiere el atributo o dato levantado	jaiba marmola, jaiba limón, centolla o centollón.
ÁMBITO	Ámbito del conocimiento cubierto	1) Capturas; 2) Información de peso; 3) Composiciones de longitudes; 4) Desembarques; 5) Índices de abundancia; 6) Medidas de esfuerzo de pesca; 7) Parámetros biológicos; 8) Variables biológicas; 9) Otros (biomasa y mortalidad por pesca).
ATRIBUTO	Atributo o característica del ámbito	1) Rendimientos de pesca; 2) Estimaciones de densidad poblacional; 3) Desembarques por puerto/Región; 4) Desembarques por procedencia; 5) Capturas por embarcación georreferenciada; 6) Capturas por zona; 7) Días de pesca; 8) Viajes; 9) Número de trampas; 10) Tiempo de reposo de trampas; 11) Horas de buceo; 12) Número de embarcaciones; 13) Número pescadores/buzo; 14)Ubicación georreferenciada; 15) Profundidad de trabajo; 16) de los desembarques; 17) Composición por sexo; 18) Seguimiento peso-talla; 19) Seguimiento de indicadores reproductivos; 20) Estudios de crecimiento; 21) Estimados de mortalidad natural; 22) Estudios de fecundidad de tallas; 23) Estudios de proporción de madurez a la talla/ talla de primera madurez.
UNIDAD	Unidades de medición del atributo levantado	Ton, trampas, hr_buceo, kg_trampa, kg_hr_buceo, mm, cm, %, adimensional, etc.
PERIODICIDAD	Periodicidad de la data informada para el atributo	Anual, semestral, estacional, mensual, diaria.
AÑO_INI	Inicio del período	Año inicio data.
AÑO_FIN	Término del período	Año término data.
N_ AÑOS	Cantidad de años que conforman la data	Número de años.
REGIÓN	Región de origen de la data informada para el atributo	Valparaíso, O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes.
PUERTO	Presencia o ausencia de datos respecto a un puerto de desembarque	0 = No existe información 1 = Si existe información
PROCEDENCIA	Presencia o ausencia de datos respecto a la procedencia de las capturas y desembarques	0 = No existe información 1 = Si existe información

Continuación **Tabla 3**.

Nombre Campo	Descripción	Contenido
FUENTE IFOP	Código alfanumérico encabezado por IFOP seguido de 4 dígitos correspondiente al campo LLAVE de la base de datos bibliográficas.	IFOP0001..IFOPn
FUENTE FIPA	Código alfanumérico encabezado por FIPA seguido de 4 dígitos correspondiente al campo LLAVE de la base de datos bibliográficas.	FIPA0001…FIPAn
FUENTE PAPER	Código alfanumérico encabezado por PAPER seguido de 4 dígitos correspondiente al campo LLAVE de la base de datos bibliográficas.	PAPER0001…PAPERn
FUENTE INVEST	Código alfanumérico encabezado por INVEST seguido de 4 dígitos correspondiente al campo LLAVE de la base de datos bibliográficas.	INVEST0001…INVESTn
FUENTE TESIS	Código alfanumérico encabezado por TESIS seguido de 4 dígitos correspondiente al campo LLAVE de la base de datos bibliográficas.	TESIS0001…TESISn
N IFOP	Cantidad de fuentes IFOP.	Número
N FIPA	Cantidad de fuentes FIPA.	Número
N PAPER	Cantidad de fuentes PAPER.	Número
N INVEST	Cantidad de fuentes INVEST.	Número
N TESIS	Cantidad de fuentes TESIS.	Número
FUENTES TOTALES	Código alfanumérico encabezado por tipo de documento seguida de 4 dígitos, correspondiente al campo LLAVE de la base de datos bibliográficas, que permite la conexión con la fuente de la información.	IFOP0001, PAPER0002, FIPA0003; INVEST0004; TESIS0005
N FUENTES TOTALES	Cantidad de fuentes que contienen la información señalada.	Número

4.1.3 Análisis dual de las brechas o vacíos existentes de información y datos sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón.

Para la determinación de las brechas o vacíos existentes de información, se realizó un análisis en dos partes. Primero, a partir de la base de datos obtenida de la revisión y sistematización de los datos e información disponible (ver punto 4.1.2), se procedió a analizar la existencia y accesibilidad de la data sobre los atributos (variables) de los recursos y sus pesquerías, incluyendo su naturaleza espacial y temporal. Este análisis permitió tener una visión sobre homogeneidad o heterogeneidad en relación con el tipo de atributos (variables) levantados entre los recursos y pesquerías existentes, así como de los posibles vacíos temporales y espaciales de la misma. Segundo, se realizó un contraste de la información disponible (atributos-variables) con aquella requerida por los modelos y metodologías posibles para la determinación de los PBR.

4.1.4 Primer taller técnico

Con el objetivo de revisar y discutir los datos y antecedentes recopilados, y definir las metodologías que se emplearán para el establecimiento de los PBR, se invitó a un primer taller de trabajo a: 7 miembros del Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales, 2 profesionales de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 1 profesional de la Dirección Zonal de pesca de Magallanes, 7 profesionales del Instituto de Fomento Pesquero, y a 5 investigadores de distintos centros de estudios, además de todo el equipo participante de este proyecto. La invitación fue enviada el día 3 de marzo mediante correo electrónico (**Anexo 3**), donde se señaló el objetivo del taller y la modalidad de la actividad (“Plataforma Zoom”).

4.2. Objetivo específico 2: Definir y/o establecer el estándar técnico de trabajo para la estimación Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y PBR asociado a éste o de los indicadores afines.

4.2.1 Consideraciones ecológicas y biológicas

Para la estimación de PBR, no sólo se necesita disponer de una batería de datos para la alimentación de los modelos de evaluación, sino que además es relevante conocer aspectos de la ecología y biología de los recursos que se están evaluando, ya que cada especie se caracteriza por sus estrategias reproductivas, de alimentación, sobrevivencia, adaptación frente a variables ambientales, entre otros. Estas características, pueden definir no sólo el arte de pesca, sino también sus periodos de captura, distribuciones geográficas de pesca, y por sobre eso, variables incidentes en el manejo de su pesquería. En este sentido, uno de los aspectos relevantes es el hábitat donde se encuentran, dado que los valores referidos al RMS dependen en gran medida de la relación reclutas-desovantes (S/R), relacionada principalmente por cuestiones ambientales. De acuerdo con lo anteriormente explicado, se realizó una recopilación bibliográfica para cada recurso en aspectos de: (i) Distribución y hábitat; (ii) Parámetros biológicos y de historia de vida; (iii) Comportamiento de la especie; y (iv) Pesquería.

4.2.2 Establecimiento del estándar técnico

<u>Estándar de calidad</u>

El cálculo de un Punto Biológico de Referencia (PBR) depende del tipo de modelo o aproximación que sea empleada, y a su vez el tipo de modelo o aproximación depende del tipo de datos disponibles. Considerando que los datos es lo primero que se debe recopilar y explorar para identificar su cantidad y calidad, se tomaron en cuenta los resultados obtenidos en el objetivo específico 1, donde se pudo identificar y cuantificar la información disponible por recurso y pesquería. Respecto a la calidad de estos, en la propuesta técnica se sugirieron tres posibles metodologías para su clasificación: Restrepo *et al*., (1998), ICES (2012) y Payá *et al*., (2014). Sin embargo, durante el desarrollo de este estudio se pudo identificar que ninguna de estas metodologías se ajusta a los resultados obtenidos, ya que estas están basadas tanto en datos como estimaciones provenientes de una evaluación de stock previa, y en la actualidad sólo se ha realizado evaluación de stock para los recursos centolla y jaiba marmola, pero con un alto grado de incertidumbre. Con el objetivo de realizar una clasificación acorde a realidad y disponibilidad de cada recurso y su pesquería, se estableció un estándar de calidad basado sólo en los datos disponibles, el cual consiste en una categorización de tres niveles: alto, medio y bajo.

Modelos de evaluación

De acuerdo con la calidad de los datos (ámbito) de cada recurso, se clasificaron los tipos de modelos posibles de implementar en cada caso. Para estos fines se definieron cuatro categorías (A, B, C y D) (**Tabla 4**). La categoría A, contempla modelos estadísticos integrado en edad/talla que requieren en estricto rigor todos los datos (ámbitos) definidos con anterioridad. La categoría B, son modelos de equilibrio basados en composiciones de longitudes donde además es necesario conocer parámetros de historia de vida del recurso (e.g. talla asintótica, tasa de crecimiento, mortalidad natural, talla madurez, tiempo de desove, entre otros). La Categoría C, implica modelos de excedentes productivos basados en capturas/desembarques con series de tiempo mayores a diez años y medidas de esfuerzo de pesca. Por último, la categoría D son modelos de excedentes basados en capturas donde sólo se requieren datos de capturas o desembarques. Esta categorización se basó en los principales modelos de evaluación que se han implementado frecuentemente para poblaciones de peces y crustáceos (**Tabla 5**).

Tabla 4. Categorías en función del tipo de modelos y datos (ámbitos) requeridos.

Categoría	Tipo de modelos	Datos (ámbitos) requeridos
A	Modelos estadísticos integrado en edad/talla (e.g. SS3, Casal, SCA, Mestock, LBA, GMACS, SSCMSA).	Capturas Información de peso Comp. de longitudes Desembarques Índices de abundancia Medidas de esfuerzo de pesca Variables biológicas Parámetros biológicos Otros
B	Modelos de equilibrio basados en composiciones de longitudes (e.g. LBPA, LBSPR, LBB, LBI, LIME).	Información de peso Comp. de longitudes Variables biológicas Parámetros biológicos
C	Modelos de excedentes productivos basados en capturas y esfuerzo (e.g. BSM)	Capturas o desembarques Medidas de esfuerzo de pesca
D	Modelos de excedentes productivos basados en capturas y/o desembarques (e.g. CMSY, OCOM).	Capturas o desembarques

Tabla 5. Principales modelos de evaluación implementados en poblaciones de peces y crustáceos.

Modelo de evaluación	Datos requeridos
Length-Based Analysis (LBA)	Series temporales de descartes de peces de fondo Captura retenida Bycatch y descartes Encuesta de biomasa y frecuencias de tallas Captura a la talla
General Model for Alaska Crab Stocks (GMACS) framework	Datos de captura comercial Datos de la prospección anual de arrastre Datos de encuestas Datos de byCatch de la pesquería de arrastre y artes fijos de peces de fondo Datos de composición de observación
Sex-specific catch, multiple-survey analysis (SSCMSA)	Captura especificada por sexo y tres fuentes de datos independientes de la pesquería.
The Length-Based assessment of Spawning Potential Ratio (LBSPR)	Datos de composición por talla Información biológica como: (i) la relación de la mortalidad natural y la tasa de crecimiento M/K, (ii) la longitud asintótica media ($L\infty$), (iii) la variabilidad de la talla por edad ($CVL\infty$), y (iv) un tamaño estimado de madurez (Lm) especificado en términos de la longitud a la que el 50% (L50%) y el 95% (L95%) de una población está madura.
Length-Based Pseudo-cohort Analysis (LBPA)	Distribución de frecuencia de captura y parámetros de historia de vida (Longitud asintótica L_{00}, mortalidad natural M, tasa de crecimiento k, longitud de madurez L50% y L95%).
Length-Based Bayesian biomass estimation method (LBB)	Frecuencia de tallas Datos de longitud asintótica (L_{00}), longitud de captura (Lc), la relación M/K y la relación de la mortalidad por pesca y la tasa de crecimiento (F/K).
Catch Maximum Sustainable Yield (CMSY)	Captura/desembarques Medida de la productividad o "resiliencia"
Bayesian State-Space Surplus Production (BSM)	Captura/desembarques Esfuerzo Índice de biomasa o abundancia relativa (e.g captura por unidad de esfuerzo)
Length-Based Indicators (LBI)	Distribuciones de frecuencia de tallas de muestras obtenidas de las capturas, o cruceros. Parámetros de historia de vida (crecimiento, longitud de madurez, longitud de primera captura, mortalidad natural).
Length-based Integrated Mixed Effects (LIME)	Requiere un sólo año de datos de talla e información biológica básica incluida, parámetro de la ecuación de Von Bertalanffy, una tasa de mortalidad natural supuesta y talla al 50% de madurez.
Optimized Catch-Only Model (OCOM)	Captura/desembarques Parámetros de historia de vida

4.3. Objetivo específico 3: Determinar para cada pesquería los indicadores correspondientes a nivel RMS.

El fracaso del manejo de las pesquerías está generalmente explicado por la ambigüedad inicial de los objetivos de manejo, los cuales deberían ser establecidos junto a los resultados esperados de un Plan de Manejo (FAO, 2003; Hindson *et al*., 2005). Por ello, es necesario la definición explícita de Puntos de Referencia (objetivos y límites) que, por ejemplo, permitan alcanzar el Máximo Rendimiento Sostenible (RMS) de los recursos explotados. Es de gran relevancia que estos objetivos sean consensuados entre los administradores y usuarios de la actividad pesquera, ya que estos definirán el éxito o fracaso de las estrategias de manejo que se implementen.

Una vez definidos los Puntos de Referencia entre las partes, se debe discutir y definir los indicadores a utilizar, dado que estos describen el estado de los recursos y pesquerías, y además permiten evaluar el cumplimiento de los objetivos de manejo establecidos (FAO, 1999; King, 2007). De acuerdo con esto último, los Puntos de Referencia objetivos indica el nivel deseable de los indicadores (King, 2007), y los Puntos de Referencia límites define el nivel de los indicadores indeseables y que no deben ser excedidos (Hindson *et al*., 2005; King, 2007). Es importante que los indicadores establecidos se caractericen por ser robustos, precisos y prácticos (FAO, 2003; FAO, 1999).

Consistente con lo anterior, este objetivo fue abordado en primera instancia con la revisión de los Planes de Manejo en desarrollo, debido a la relevancia de conjugar el trabajo que han realizado los respectivos comités con los resultados del presente proyecto, y así lograr una congruencia en miras de la obtención de indicadores y PBR que tengan la aceptación de los usuarios y la factibilidad para ser implementados en el marco de un futuro Plan de Manejo para toda la pesquería. En segundo lugar, se realizaron talleres de trabajo con los usuarios de las pesquerías bajo análisis, con el objetivo de identificar posibles indicadores y puntos de referencia empíricos que los mismos pescadores tienen incorporados en sus faenas o temporadas de pesca, ya que el propósito es que estos sean aceptados, robustos, precisos y prácticos. Por otra parte, en los talleres de trabajo se buscó discutir y analizar distintas estrategias de manejo que permitan una eventual implementación de Reglas de Control de Capturas (RCC).

4.3.1 Adecuación con los Planes de Manejo en desarrollo

Para determinar el estado de avance de los Planes de Manejo (PM) y la existencia de objetivos operacionales en las pesquerías bajo análisis, se efectuó una revisión de los PM que se encuentran oficializados, en caso contrario, se realizó una búsqueda de propuestas que no han sido formalizadas pero que han sido discutidas en el marco de los Comités de Manejo (CM). Para la búsqueda de PM aprobados y/o discusiones al interior del CM que den cuenta de la existencia de objetivos operacionales, entendiendo estos últimos como objetivos específicos, medibles y alcanzables en un tiempo determinado (Hindson *et al*., 2005), se consultó el repositorio web de Comités de Manejo de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA) donde se aloja toda la información referente a los avances en el diseño, implementación y revisión de los PM (SSPA.s.f.).

Primero, se identificaron todos los CM que podrían incluir en su alcance a las pesquerías que son analizadas en este proyecto, posteriormente se verificó si existían Planes de Manejo aprobados, en caso de no existir, se revisaron las actas de cada CM para determinar si en las discusiones se abordaban explícita o implícitamente objetivos operacionales o elementos interesantes de considerar para los procesos de modelación y estimación de indicadores para niveles de pesca al RMS. Con la información recabada, se elaboró una tabla que indica la especie de interés del proyecto, los CM que consideran a la especie dentro de su alcance de gestión, el alcance territorial del CM, la existencia de un PM aprobado y la existencia de potenciales objetivos operativos extraídos de las discusiones generadas en el CM y reportadas en las respectivas actas.

Con el fin de confirmar la información recopilada, el 2 de marzo del presente año, se sostuvo una reunión con la Unidad de Crustáceos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA), donde se consultó si en los CM se habían generado discusiones en torno a algún objetivo operativo y que por algún motivo podría no haber quedado manifestado en las actas oficiales (**Anexo 6**).

4.3.2 Coordinación y preparación de talleres

Los resultados de este proyecto constituyen un insumo para los procesos de toma de decisiones del manejo pesquero. En este sentido, se ha considerado relevante mantener una interlocución activa con los pescadores a través de los Comités de Manejo pesquero (CM) y otras instancias (talleres con informantes claves en aquellas pesquerías que aún no cuentan con estructuras de co-manejo), ya que el nivel de utilidad de los antecedentes que se proporcionan en este documento depende de que estos sean utilizados por los tomadores de decisión, para avanzar en materia de sustentabilidad.

Para evaluar el grado de comprensión que tienen los usuarios acerca de posibles indicadores y sus respectivos PBR en cada pesquería y para identificar puntos de referencia empíricos a partir del Conocimiento Ecológico Local (CEL), se realizaron 2 talleres con los Comité de Manejo en funcionamiento y con profesionales de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, y 1 taller con informantes claves en aquellas pesquerías que aún no cuentan con estructuras de co-manejo.

Se destaca que, antes de la realización de los talleres con los CM, se sostuvo una reunión de coordinación de trabajo con la Unidad de Crustáceos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura a fin de coordinar las acciones de trabajo de los respectivos CM con las necesidades de avance del presente proyecto. En dicha instancia, se acordó realizar una presentación inicial de 15 minutos en las próximas sesiones ordinarias de cada CM a fin de presentar los alcances del proyecto y explicar cuál será el trabajo que se realizará en los talleres. Además, se propuso que durante la misma sesión se avance en definir las fechas para efectuar los talleres de factibilidad de fiscalización y viabilidad de cumplimiento del set de medidas aplicables (**Anexo 6**).

- Indicadores empíricos

En primera instancia, en los talleres se realizó una exposición de lo que es un indicador y la relevancia de definir PBR para gestionar una pesquería. Esto se llevó a cabo empleando animaciones para ilustrar de manera didáctica como se comportaría, en términos teóricos, una pesquería frente a un aumento de la explotación pesquera (**Figura 4**). Posteriormente, se presentaron indicadores empíricos que fueron explorados durante el desarrollo del presente proyecto que tienen la potencialidad de ser aplicados en las pesquerías de crustáceos, los cuales podrían servir de apoyo para la implementación de una Regla de Control de Captura (RCC).

Cabe mencionar que un requisito básico de estos indicadores es que deben ser universales, es decir, aplicables a cualquier embarcación y faena de pesca, indistintamente del esfuerzo de pesca ejercido por cada embarcación, dada las particularidades del arte de pesca que implementan los pescadores y la diversidad de la flota. En este sentido, en los talleres de trabajo con los usuarios de las pesquerías, se trabajó con dos indicadores: (i) Peso de las capturas comerciales de una trampa (CPUE) y (ii) Porcentaje de megadesovantes en los desembarques (%MD).

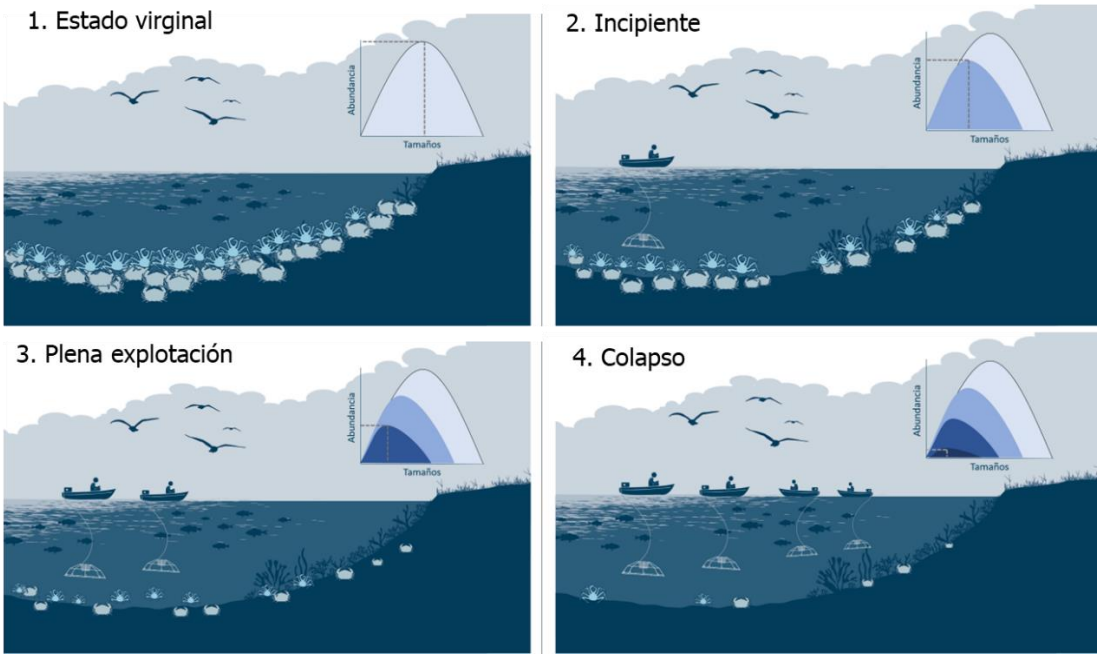


Figura 4. Ilustraciones utilizadas en los talleres para analizar los conceptos de indicador y Puntos Biológicos de Referencia con las partes interesadas.

I. <u>Peso de las capturas comerciales de una trampa – CPUE (Kg/trampa)</u>

Uno de los indicadores que se trabajó con los usuarios está basado en los rendimientos de pesca que se obtienen en una trampa, es decir, el peso de las capturas comerciales de una trampa (CPUE), de esta forma se puede aislar el factor que podría tener el número de trampas que emplea cada embarcación, teniendo como supuesto que la capturabilidad de cada trampa no es significativamente distinto al variar el número de trampas que se emplea en una línea.

Cabe mencionar que en cada uno de los talleres se debió trabajar con distintas unidades (rendimiento por línea, rendimiento por 100 trampas, entre otras) en función del antecedente que mejor manejan los pescadores. Debido a ello, luego de los talleres, los resultados fueron llevados a rendimientos por trampa mediante un cálculo simple de regla de tres.

Para el caso de la jaiba limón, dado que solamente se venden las quelas, la unidad de medida que manejan los pescadores es el peso total de las quelas por faena. Sin embargo, manejaban bien la relación del peso de la quela con el peso total de jaiba, ya que utilizan frecuentemente este estimado para hacer las declaraciones al SNPA. Históricamente, la relación peso de las quelas al peso total es de 1:3, valor que fue validado por la planta de proceso que realiza esta maquila y empleado en este objetivo como la relación quela/jaiba, para la obtención del peso total de jaiba limón por trampa.

II. Porcentaje de megadesovantes en los desembarques (% MD)

Otro indicador que se trabajó está basado en la estructura de tallas que se obtienen en las capturas comerciales o desembarques, ya que se espera que sea representativa de una parte de la población de crustáceos determinada por la selectividad del arte de pesca. El indicador que se trabaja acá es el porcentaje de "individuos grandes" como proxi de los individuos de la población que son megadesovantes obtenidos en las capturas comerciales (desembarques). Es importante hacer notar el carácter subjetivo que implica referirse a una talla de "individuos grandes" cuando lo que se busca es su correlato con los megadesovantes. Sin embargo, como fue explicado en la teoría respecto del Radio del Potencial de Desove (LB-SPR), es posible estimar un estatus referido a la proporción de cualquier cohorte (o pseudocohorte) en la población.

Lo que se buscó directamente fue definir una talla que, en general y para el común de los pescadores, les fuera llamativa por su tamaño y reconocieran fácilmente en sus capturas. Descripciones de las características de las tallas capturadas como "salió bonita la jaiba/centolla" dan cuenta de un tamaño de referencia que usualmente es valorado como una mejor pesca por los pescadores y fueron empleadas como herramientas didácticas para el logro de este resultado.

4.3.3 Puntos de Referencia Empíricos (PRE)

Una vez presentados los indicadores, se exploraron puntos de referencia que los mismos pescadores tienen incorporados como evaluaciones empíricas de sus faenas o temporadas de pesca y que pueden ser analizados y comparados con Puntos Biológicos de Referencia modelo basados. Para ello se buscó situar los pescadores en diferentes escenarios de explotación, reales o ficticios, que puedan dar cuenta, tanto de la situación actual, entendida como la ocurrida en la última temporada de pesca (año 2021), como la situación en un inicio de la pesquería (estado virginal). Además, se consultó respecto de otros puntos de referencia relacionados, por ejemplo, los valores deseados según su propia expectativa de la pesquería y valores límite correspondiente a los valores que desincentivarían continuar con la actividad (**Tabla 6** y **Tabla 7**).

Finalmente se realiza una evaluación entre los PR empíricos y su relación con los PBR teóricos (modelos basados), para analizar niveles de divergencia o convergencia que permitan concluir si el diagnóstico de cada una de las pesquerías es compartido o en caso contrario, identificar y analizar posibles factores que podrían estar ocasionando esta divergencia (abordado en el objetivo específico 4).

Tabla 6. Escenarios relacionados a la obtención de Puntos de Referencia Empíricos basado en rendimientos de pesca explorados en los talleres.

Escenario	Pregunta tipo - Rendimientos de Pesca	Resultado esperado	Punto de Referencia Empíricos (PRE)
1	En el último año, en una faena de pesca, en promedio ¿Cuántos kilos obtuvo por trampa? (Considere el valor promedio de la captura comercial en una trampa).	Condición promedio actual (año 2021)	CPUE 2021
2	De acuerdo con su experiencia en los últimos 10 años, ¿Cuántos kilos se obtienen en un buen día de pesca económicamente hablando? (Considere la captura comercial de una trampa).	Condición deseada pero realista (buen día de pesca)	CPUE (objetivo)
3	De acuerdo con su experiencia en los últimos 10 años, en un mal día de pesca ¿Cuántos kilos es el mínimo económicamente aceptable para usted? (Considere la captura comercial de una trampa).	Condición límite (mal día de pesca)	CPUE (límite)
4	De acuerdo con su experiencia, en un comienzo de la pesquería ¿Cuántos kilos se obtenían? (Considere la captura comercial de una trampa)	Condición inicial (cuando la pesca recién comenzaba a desarrollarse)	CPUE (inicial)

Tabla 7. Escenarios relacionados a la obtención de Puntos de Referencia Empíricos basado en tallas (% de mega- desovantes) explorados en los talleres.

Escenario	Pregunta tipo – Porcentaje de tallas grandes	Resultado esperado	Puntos de referencia empíricos (PRE)
1	En el escenario 1 ¿Qué porcentaje de las capturas comerciales (desembarques) están sobre la talla definida como "grandes"?	Condición promedio actual (año 2021)	% MD (2021)
2	En el escenario 2 ¿Qué porcentaje de las capturas comerciales (desembarques) están sobre la talla definida como "grandes"?	Condición deseada pero realista (buen día de pesca)	% MD (objetivo)
3	En el escenario 3 ¿Qué porcentaje de las capturas comerciales (desembarques) están sobre la talla definida como "grandes"?	Condición límite (mal día de pesca)	% MD (límite)
4	En el escenario 4 ¿Qué porcentaje de las capturas comerciales (desembarques) están sobre la talla definida como "grandes”?	Condición inicial (cuando la pesca recién comenzaba a desarrollarse)	% MD (inicial)

4.3.4 Valorización de estrategias de manejo aplicables

La definición de PBR usualmente es utilizada como un insumo para la generación de una estrategia de manejo que permita alcanzar una condición objetivo, esta estrategia, idealmente, debiera estar compuesta por una Regla de Control de Captura (RCC) frecuentemente basadas en controles de salida (e.g. cuota total permisible) o en controles de entrada (e.g. control de esfuerzo) y un conjunto de medidas complementarias como controles técnicos (e.g. dispositivos de escape) o una combinación de estos (e.g. vedas biológicas, talla mínima/máxima legal) (Caddy *et al*., 1996). Por ello, en cada taller se expuso y definió un set de medidas de manejo para ser priorizadas en base a la factibilidad de fiscalización y viabilidad de cumplimiento en caso de que los tomadores de decisión requieran avanzar en la implementación de una Regla de Control de Captura o esfuerzo. Una vez presentadas y explicadas cada una de las medidas, se valoró la factibilidad de implementación y el nivel de cumplimiento esperado mediante una escala de calificación, donde 1 se considera una factibilidad nula, y 7 corresponde a una condición de plena factibilidad (**Figura 5**).

El set de medidas presentadas estuvo enfocado en controlar la mortalidad por pesca, típicamente una Cuota Total Permisible (CTP) y sus posibles alternativas complementarias de implementación mediante distribuciones temporales (límite mensual de extracción) espaciales (por comuna) o por usuarios (cuotas individuales); y, por otro lado, medidas basadas en control de esfuerzo (días de pesca, número de trampas permitidas por embarcación, faenas de pesca totales y rotación de áreas) (**Figura 5**).

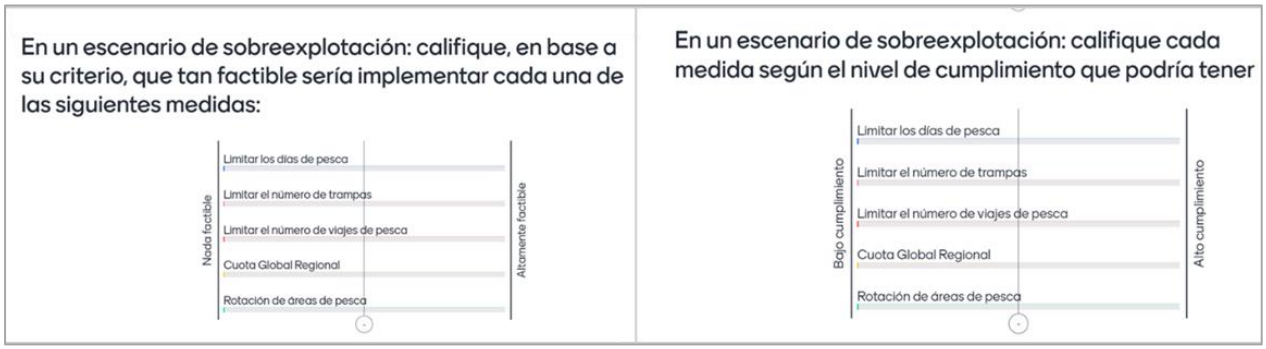


Figura 5. Preguntas y set de medidas utilizadas para identificar factibilidad y nivel de cumplimiento probable en caso de requerir la implementación de una Regla de Control de Captura/esfuerzo.

Actividad adicional: Aceptación de nuevas medidas de manejo por parte de los pescadores

Adicionalmente a los compromisos planteados en la propuesta técnica, se exploró otro enfoque metodológico para prospectar medidas de manejo aplicables. Este enfoque estuvo basado en el levantamiento de información mediante encuestas orientadas a determinar el nivel de aceptación, por parte de los propios pescadores artesanales, de medidas de manejo adicionales a las existentes. Esta metodología fue aplicada de manera piloto con los pescadores de jaiba marmola de la Región de los Lagos, pero constituye una estrategia adecuada para ser implementada en otras pesquerías. Esta aproximación metodológica se proporciona con el fin de otorgar una herramienta estandarizada que permita valorar en el futuro medidas aplicables considerando, *ex ante*, los compromisos sociales y económicos derivados.

La metodología para determinar los compromisos sociales y económicos para la eventual implementación de nuevas medidas de manejo consiste en un cuestionario que tiene la forma de un juego de ofertas diseñado para comprender la disponibilidad que tienen los pescadores para comprometerse con una serie de medidas de gestión. Esto se evalúa en función de incrementos hipotéticos de precios de venta de la captura desembarcada, respecto del valor actual, con el fin de encontrar el menor precio en el cual los pescadores estarían disponibles a aceptar una nueva medida de gestión que podría mejorar la sostenibilidad. Como base para la elaboración del cuestionario, se consideraron medidas frecuentemente utilizadas en pesquerías de crustáceos. El estilo de pregunta para cada medida de gestión se orientó de la siguiente manera:

> *"Hay un comprador ficticio de jaiba marmola. Actualmente, el precio por kilo es de $ X pesos / kilo. Imagínese que el comprador ofrece un precio de $ "X" / kilo de forma regular. El único requisito para mantener este precio es que usted cumpla con la indicada medida de gestión. ¿Estaría dispuesto a vender a este precio? Recuerde que esto es un juego, pero asuma que es una situación real y piense que decisión tomaría usted en esta situación".*

Luego del enunciado, se proporciona una descripción detallada de la medida indicada y se resuelven las dudas en los casos en que surjan consultas o se requieran mayores antecedentes de la medida por parte del encuestado. Para evitar el sesgo del punto de partida (Gelcich *et al*., 2007), los precios de oferta iniciales se seleccionan al azar, entre un rango de 200 – 1000 pesos / kilo. Si el pescador no está dispuesto a vender al precio inicial, se aumenta la oferta en niveles de 50 pesos y se pregunta si vendería a ese nuevo precio. Este proceso se repite hasta que los pescadores aceptan el precio. Si aceptan vender por el primer precio ofrecido, el proceso de consulta se realiza de forma inversa hasta llegar al punto en que el pescador no está dispuesto a vender.

El análisis de los resultados se realiza mediante una comparación de las distribuciones de precios mínimos. Diferencias estadísticas son analizadas mediante la prueba de Kruskal–Wallis y para los análisis post hoc se utiliza la prueba no paramétrica de Dunn mediante el uso del paquete R y la librería ggstatsplot (Patil, 2021). Los resultados de esta sección permiten orientar a la administración pesquera respecto a la probable aceptación y factibilidad de medidas de manejo que podrían ser aplicables frente a la eventual definición de medidas para elaborar un RCC.

4.4. Objetivo específico 4: Determinar por recurso y pesquería los PBR e indicadores de estatus acorde a lo definido en la Ley General de Pesca y Acuicultura.

4.4.1 Orientaciones para la determinación de PBR basados en el RMS

El Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) es en teoría, la máxima producción poblacional que puede ser capturada de un recurso sin afectar el tamaño de la población. Es un Punto Biológico de Referencia (PBR) ampliamente empleado en pesquerías y cuyo cálculo es complejo y a menudo "aproximado". De este modo, el objetivo de manejo propuesto resulta del acuerdo de científicos y la administración pesquera, y a menudo se relaciona con la fracción de la biomasa progenitora/adulta/parental a cautelar en el largo plazo. Relacionada con esta biomasa existen un sinnúmero de variables poblacionales no observables, las que pueden ser seguidas por medio de indicadores de estado observados en terreno/datos. Para la estimación de PBR se proponen/reconocen tres aproximaciones: (i) basada en modelos, (ii) basada en variables empíricas y (iii) aproximación mixta.

i. <u>PBR basada en modelos</u>

Una vez que se ha propuesto la biomasa objetivo o de referencia (Bref) como una proporción de la biomasa virginal (SPR, %B0), la mortalidad por pesca de referencia (Fref) es aquella que debe ser considerada a fin de lograr el objetivo de manejo, la cual fue calculada en base a un **Modelo de Equilibrio por Recluta**. Este modelo simula la dinámica de la población en edades y determina el valor de Fref que permite alcanzar la Bref en el largo plazo. El equilibrio se refiere a una condición en la cual tanto el reclutamiento como la mortalidad por pesca se consideran invariantes en el tiempo. El resultado se representa por una curva de biomasa relativa y otra de rendimiento relativo a un recluta (**Figura 6**). Los parámetros necesarios para generar estos valores corresponden a los de crecimiento (Loo, k, t0), los de la relación peso talla, la talla de madurez y la talla de primera captura (o sus curvas logísticas) (**Figura 7**).

El uso de Fref se relaciona directamente con el cálculo de la Captura Biológicamente Aceptable (CBA), la cual resulta del producto entre Fref y la biomasa explotable (individuos de tallas iguales o mayores a la de primera captura) estimada por algún modelo o procedimiento diseño-basado (Evaluación directa) (**Figura 7**).

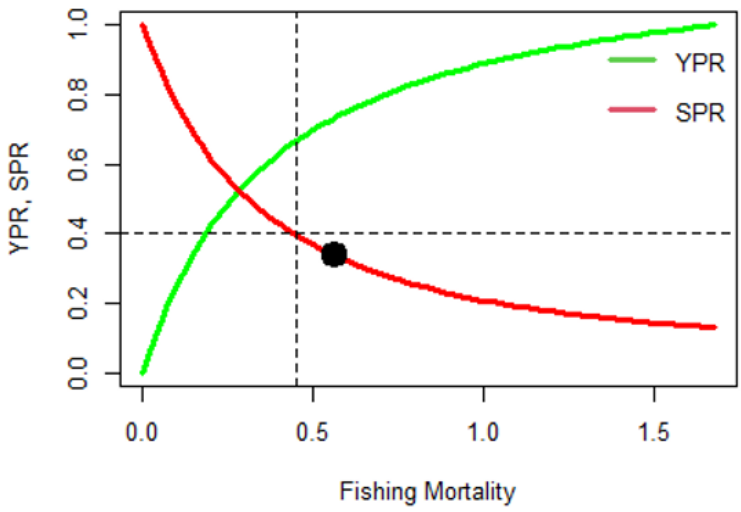


Figura 6. Ejemplo de curvas de la tasa de potencial reproductivo (SPR o B/B0) y rendimiento por recluta (YPR) de equilibrio en el largo plazo si la población es manejada con niveles constantes de mortalidad por pesca. Las líneas segmentadas representan un ejemplo de objetivo respecto de SPR y mortalidad por pesca al 40% de la biomasa virgen (SPR, %B0). El círculo negro es la condición actual. (Fuente: Elaboración propia a partir del modelo Canales *et al*., 2021).

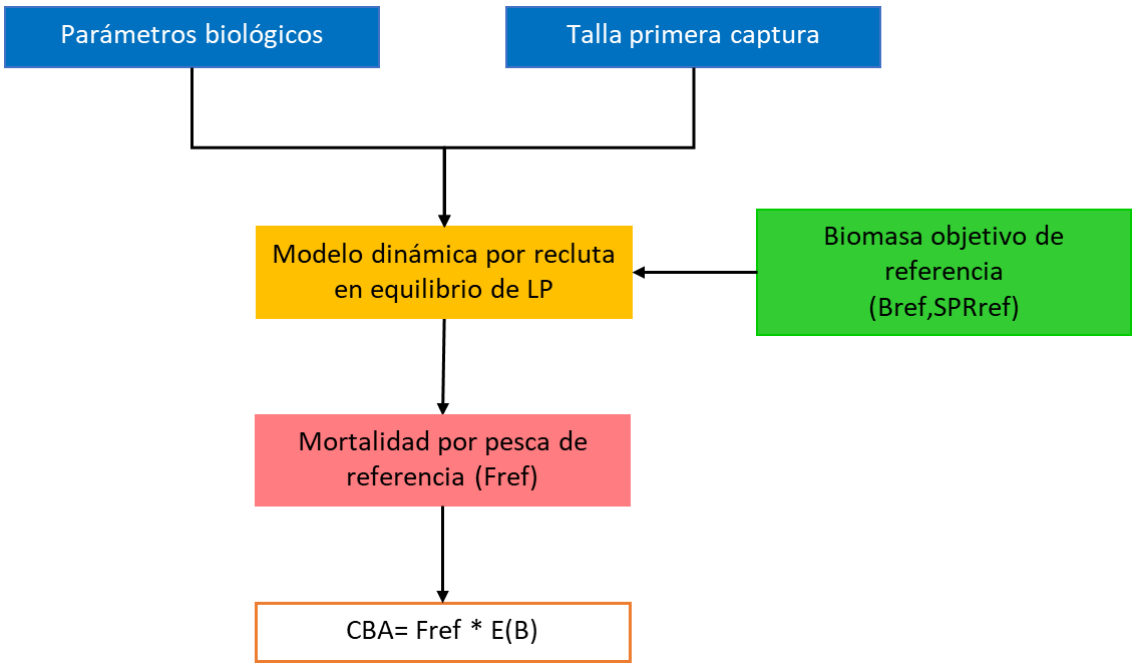


Figura 7. Diagrama de flujo del cálculo de la mortalidad por pesca de referencia y CBA. SPR es la tasa de potencial reproductivo como indicador de la reducción de la biomasa virginal (e.g. SPRref=0.4) (Fuente: Elaboración propia).

ii. PBR basada en variables empíricas

Para poblaciones con datos limitados, los datos disponibles no son adecuados para evaluaciones analíticas de stock o el cálculo de Puntos de Referencia basados en la biomasa y la mortalidad por pesca. En este contexto, métodos basados en series históricas de un determinado indicador han sido utilizados para complementar la base tradicional del manejo pesquero (Cadrin *et al*., 2004). En este sentido, los enfoques no analíticos pueden ayudar en el desarrollo de un sistema de Puntos de Referencia Empíricos (Punt *et al*., 2001; Hilborn y Stokes, 2010), los cuales son elegidos sobre la base de una combinación de la opinión de expertos y la comparación de los valores actuales con los datos de períodos anteriores en la pesquería. Sin embargo, dado que los valores de los indicadores incluyen errores, sería necesario utilizar Puntos de Referencia precautorios para garantizar una alta probabilidad de evitar el límite (FAO, 1998). Por ejemplo, para una serie de indicadores de biomasa, como es la CPUE, se ha sugerido como Puntos de Referencia límite el valor más bajo del indicador observado o un porcentaje de la media histórica o el índice máximo observado (Smith *et al*., 2012).

Cabe destacar que un PBR es fundamentalmente un instrumento de ordenación pesquera. En este sentido y a falta de mayor conocimiento biológico de la especie y de la disponibilidad de extensas series de datos (data-pobre), cualquier variable operativa relacionada con la población podría ser referenciada a un valor objetivo, y esto ser acordado por los usuarios. Al ser valores que representan objetivos, estos deben ser alcanzables y de fácil medición (Cochrane, 2005). Un ejemplo/propuesta de estos para los recursos bajo análisis se entregan en la **Tabla 8**. Al respecto se destacan fenómenos que pueden enmascarar las señales de abundancia tales como la hiper-estabilidad del rendimiento de pesca por rotación de áreas, hiper-estabilidad de la talla promedio respecto de la biomasa, saturación de las trampas, variaciones en la capturabilidad son alguna de estas.

Al respecto, Bahamonde et al (2006) investigan el desempeño de alguna de estas variables de las cuales se advierte, por ejemplo, que la disminución del rendimiento de pesca 2002-2005 (**Figura *8***) se refleja igualmente en la disminución de la talla promedio de las capturas (**Figura 9**). Igualmente, el promedio histórico de estas variables empíricas podría ser consideradas como referencia con fines de ajustes de esfuerzo y capturas locales.

Tabla 8. Variables operacionales como indicadores de abundancia, ventajas y desventajas como propuesta de indicadores del estado poblacional de crustáceos demersales en Chile.

Variable/indicador	Ventajas	Desventajas
1. Captura	De fácil comprensión y seguimiento en una comunidad de pescadores	Un alto valor de referencia puede no ser sostenible en el tiempo y generar frustración. Sus tendencias no son informativas de manera aislada, y deben ser complementadas con otros indicadores.
2. Rendimiento/CPUE: Captura por hora de reposo, Captura por trampa, Captura por hora de buceo		Problemas de saturación, estacionalidad, fenómenos de hiper-estabilidad por rotación de áreas, cambios en capturabilidad, migración. Una tendencia a la baja podría ser confundida con una caída en los reclutamientos y no vinculada con la presión de pesca.
3. Esfuerzo de pesca (días de pesca, días de reposo, horas de buceo, etc)	De fácil comprensión y seguimiento en una comunidad de pescadores	Estandarización respecto de unidades de referencia. Debe ser estimada en base a un protocolo estadístico riguroso, estandarizado y reproducible.
4. Indicadores espaciales (e.g. centro de gravedad, inercia, anisotropía, área, tasa de ocupación)	Fáciles de interpretar en relación con cambios de la población (contracción espacial vs menor abundancia)	Cambios en la operación de la pesquería o del recurso podrían ser erróneamente asociados a una baja/incremento en la población.
5. Índice de condición de la relación peso-talla	Índice relacionado con la nutrición por disponibilidad de alimento o estado gonadal de la población.	Su tendencia no se relaciona necesariamente con los efectos de la pesca, sino con las condiciones ambientales.

Continuación **Tabla 8**.

Variable/indicador	Ventajas	Desventajas
6. Índices reproductivos (talla de madurez, proporción de madurez a la talla, proporción sexual)	Índice relacionado con las condiciones reproductivas de la población. Sus variaciones suelen ser respuesta a la presión de pesca.	Requiere de un análisis más dedicado. Influenciado por ciclos estacionales. La disminución o aumento pueden estar relacionados con variaciones ambientales más que antrópicas. Problemas en la identificación del estado reproductivo de hembras en análisis macroscópicos. Mayores costos. Problemas de interpretación por refugio de hembras en postura.
7. Indicadores basados en composiciones de tallas (e.g. talla promedio, mediana, moda, percentiles, límite superior, etc)	Datos fáciles y baratos de recolectar. A menudo la ausencia de los individuos más grandes se relaciona a los efectos de la pesca. La talla promedio junto a los parámetros de crecimiento. Puede ser empleada para estimar la mortalidad total y por pesca mediante métodos bioanalógicos (Z).	Cualquiera de estas variables puede ser poco sensible respecto de la disminución poblacional. Además, cambios en la selectividad del pescador pueden distorsionar las interpretaciones. Las estimaciones de mortalidad se realizan bajo el supuesto de equilibrio. Debe ser estimada en base a un protocolo estadístico riguroso, estandarizado y reproducible.
8. Proporción de mega-reproductores en capturas	Datos fáciles y baratos de recolectar. A menudo la ausencia de los individuos más grandes se relaciona a los efectos de la pesca.	
9. Proporción de hembras en la captura		
10. Percepción local de pescadores respecto de diversos tópicos relativos a la población	Fácil de colectar. Útiles para corroborar estimaciones y tendencias.	Mala especificación en la elaboración de las encuestas. Interpretaciones erróneas de resultados. Sesgo inherente.

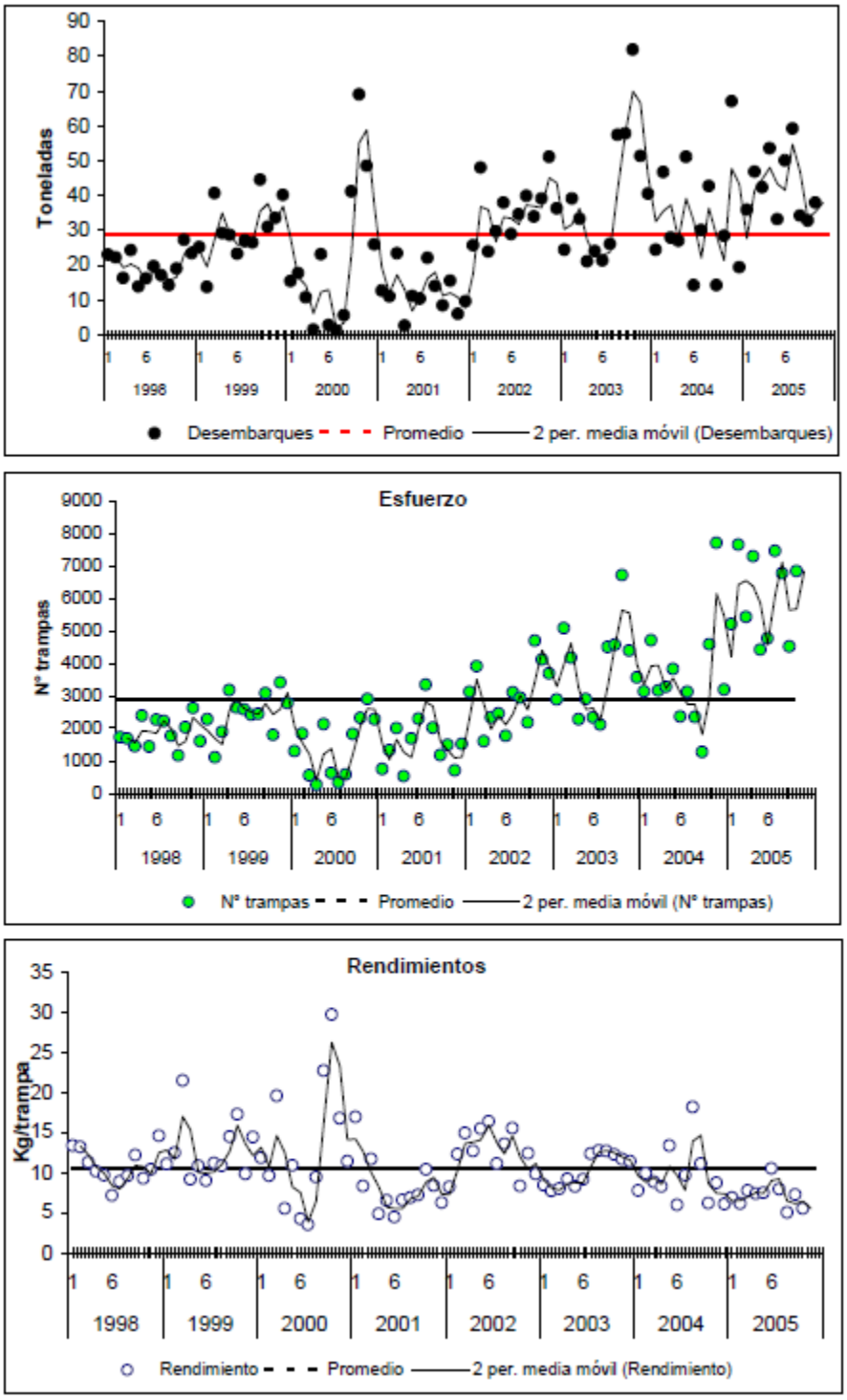


Figura 8. Ejemplo de índices: capturas, esfuerzo de pesca, rendimientos de pesca de jaiba marmola en la Región de Los Lagos. La línea horizontal representa el promedio (Fuente: Bahamonde *et al*., 2006).

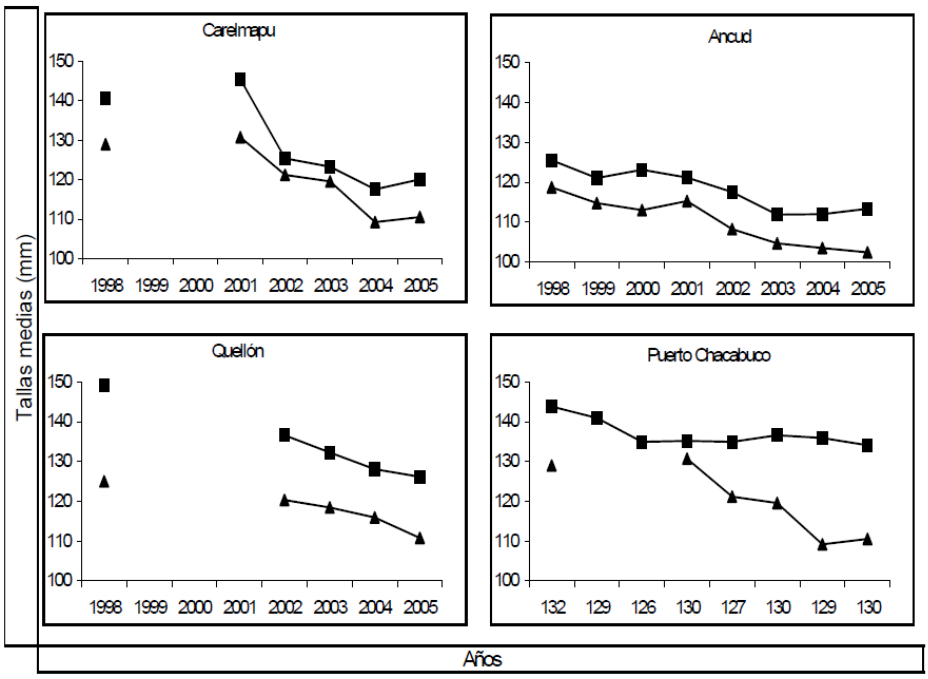


Figura 9. Talla promedio registradas en las capturas de jaiba marmola en la Región de Los Lagos. Los cuadros representan a machos y triángulos las hembras (Fuente: Bahamonde *et al*., 2006).

iii. PBR basada en aproximación mixta

La evaluación de stock provee una estimación de la condición poblacional ya sea en escala absoluta (e.g. biomasa) o relativa (e.g. B/B0). Independientemente del modelo de análisis, el valor referido a la condición poblacional podría ser asimilado al índice empírico que sea elegido y con ello, determinar el valor de referencia equivalente al nivel poblacional objetivo. Por ejemplo, si el objetivo de manejo es cautelar el 40% de la biomasa virginal y la pesquería a nivel local está siendo regulada en función de la talla promedio de las capturas Lcap, entonces la talla de referencia equivalente al objetivo de manejo podría ser estimada como:

$$L_{ref} = L_{cap} \left(\frac{0.4}{SPR_{act}}\right)$$

En la cual, SPRact es el estimado de reducción de la población respecto de B0 que proviene de una evaluación de stock. De esta forma, se podría explorar el desempeño de cualquiera de los indicadores mencionados en la **Figura 8** como candidatos.

4.4.2 Zona de estudio

Las especies analizadas, al igual que la mayoría de los invertebrados bentónicos, se caracterizan por ser sésiles o por presentar un bajo movimiento al alcanzar la etapa adulta (Rojas-Hernández *et al*., 2016). Sin embargo, el periodo larvario planctónico permitiría una significativa dispersión de individuos, produciendo así, un nivel de auto-reclutamiento entre las poblaciones de origen como de poblaciones geográficamente alejadas (Thorson, 1950; Cowen *et al.,* 2007; Pineda *et al*., 2009). A su vez, la formación de meta-poblaciones también sería explicada por otros factores, tales como: variables ambientales y oceanográficas, barreras geográficas, rendimiento reproductivo y la presión de la actividad pesquera (Queiroga *et al*., 2007; Pardo *et al*., 2012; Cowen and Sponaugle, 2009; Therkildsen *et al*., 2010; Frankham *et al*., 2002; Treml *et al*., 2012).

No considerar lo anteriormente señalado, implicaría una alta probabilidad de cometer errores en las estimaciones, y fallas en el manejo de las pesquerías bajo análisis (Ricker, 1981; Cadrin *et al*., 2005; Lorenzen *et al*., 2010). Por ello, las estimaciones de PBR fueron realizadas en determinadas localidades, tomando en cuenta lo reportado en la literatura y las recomendaciones indicadas por investigadores expertos en los talleres de trabajo. Además, la selección de las zonas de estudio se basó en la disponibilidad y calidad de los datos de cada recurso y pesquería, analizados en el marco del objetivo específico 2 (ver punto 5.2.2), y explicados en mayor detalle en el punto 4.4.3.

i. Centolla y centollón: La zona considerada fue la Región de Magallanes, la cual se caracteriza por ser la más importante y representativa de la pesquería de *L.Santolla* y *P. granulosa* y, consecuente con ello, la que presenta la mayor disponibilidad y robustez de los datos. Sin embargo, según lo sugerido en el primer taller de trabajo (ver **Tabla 21**), la Región de Magallanes fue dividida en 3 zonas: norte, centro y sur (**Figura 10**). Esta delimitación geográfica se basa en el mismo criterio utilizado para la evaluación de stock de la centolla (Yáñez *et al*., 2022), el cual también se tomó como referencia para el recurso centollón.

ii. Jaiba marmola: Los análisis se realizaron para 3 localidades: Bahía de Ancud, Dalcahue y la Región de Aysén (**Figura 11**), la selección de estas zonas se basó, al igual que la centolla, en los mismos límites geográficos considerados por Yáñez *et al*., (2022) para la evaluación de stock de la jaiba marmola. Se destaca que la Bahía de Ancud es la zona más importante de la pesquería y, por ende, la que presenta la mayor disponibilidad de datos.

iii. Jaiba limón: Los datos que se disponen del recurso *C. porteri* se caracterizan por ser escasos y pocos robustos, lo cual es una limitante para realizar un análisis más localizado como se hizo con las otras especies. Por tal razón, las estimaciones se realizaron tomando en cuenta las regiones más importantes de la pesquería y la mejor información disponible,

siendo estas la Región de Valparaíso y la Región del Biobío. Se destaca que se aplicó el modelo formulado por Canales et al., (2021) solo para la región del Biobío dado que en Valparaíso no se disponían de datos informativos. En el caso del Biobío es importante enfatizar que solo se tomaron los datos más robustos (2 composiciones de tallas).

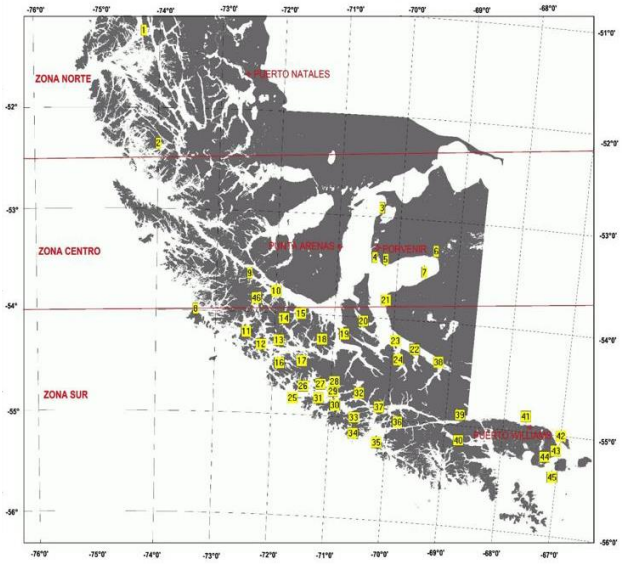


Figura 10. Área de estudio y delimitación de zonas de pesca para la estimación de PBR de los recursos centolla y centollón de la Región de Magallanes. (Fuente: Yáñez *et al*., 2022 a partir de Daza *et al*., 2016).

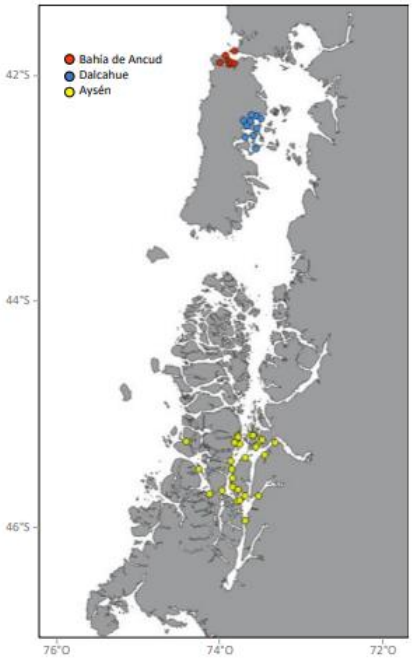


Figura 11. Área de estudio y procedencias de capturas consideradas para la estimación de PBR de jaiba marmola de la Región de Los Lagos y la Región de Aysén. (Fuente: Yáñez *et al*., 2022).

4.4.3 Datos biológicos y pesqueros

En primera instancia, se analizaron las bases de datos proporcionadas por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), generadas a partir del Programa "Seguimiento Pesquerías Crustáceos Bentónicos". En particular, se solicitó información de los últimos cinco años de los muestreos biológicos y de longitudes (por procedencia), y los datos operacionales de las pesquerías de jaiba limón (desde la Región de Valparaíso hasta la Región del Biobío), jaiba marmola (desde la Región de Los Lagos hasta la Región de Aysén), centolla y centollón (desde Región de Aysén hasta la Región Magallanes) (**Anexo 7**). Posteriormente, se recopilaron los parámetros de historia de vida reportados en la literatura y los parámetros de selectividad asociados a la actividad extractiva, los cuales son obtenidos a partir de una evaluación de stock (**Tabla 9**).

Se destaca que se establecieron criterios técnicos para la estimación de ciertos parámetros biológicos que no fueron posibles de encontrar en la literatura, estos se basaron principalmente al juicio experto, los cuales ya han sido implementados para recursos de data limitada (Canales *et al*., 2022).

Tabla 9. Definición de parámetros biológicos y pesqueros utilizados para la estimación de PBR.

Parámetros	Símbolo	Ecuación
Longitud asintótica	Loo	-
Tasa de crecimiento	k	M/2
Mortalidad natural	M	2*k
Talla a la cual el 50% de los individuos son sexualmente maduros (talla de primera madurez sexual)	L50m	2/3*Loo
Talla a la cual el 95% de los individuos son sexualmente maduros	L95m	1.05*L50m
Fracción del año donde ocurre el desove	Desove	-
Talla al 50% de selectividad	L50	-
Pendiente de selectividad que mide la diferencia entre la talla al 50% y 95%	Pendiente	-
Edades presentes en la población	Tmáx	-ln(0.01)/M
El grado de relación entre parentales y reclutas S/R (steepness)	h	-

Centolla: Con el objetivo de ser consiste y coherente con los criterios establecidos para la definición de las zonas de estudio, y a la vez contribuir en los estudios que se han realizado en esta materia, se consideró el mismo conjunto de parámetros biológicos utilizados en la evaluación de stock de la centolla, y también los parámetros de selectividad (L50 y pendiente) obtenidos por los autores Yáñez *et al*., (2022), a partir del ajuste del modelo Length Based Pseudo-Cohort Analysis (LBPA) (Canales *et al*., 2021). Los parámetros biológicos y pesqueros utilizados para el recurso centolla de la Región de Magallanes se indican en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Parámetros biológicos y pesqueros considerados para la estimación de PBR del recurso centolla en la zona norte, centro y sur de la Región de Magallanes.

Parámetros	Zona norte	Zona centro	Zona sur	Referencias
L00 (mm)	176.76	176.76	176.76	Contreras-Reyes *et al*., (2018)
k (año^{-1})	0.151	0.151	0.151	Contreras-Reyes et al., (2019)
M (año^{-1})	0.227	0.227	0.227	Yáñez *et al*., (2020)
L50ms (mm)	103.5	103.5	103.5	Yáñez *et al*., (2020)
L95ms (mm)	111.99	111.99	111.99	Yáñez *et al*., (2020)
Desove	0.8	0.8	0.8	Daza *et al*., (2021)
L50 (mm)	122.26	120.17	121.82	Yáñez *et al*., (2022)
Pendiente	1.86	1.89	2.15	Yáñez *et al*., (2022)
Tmáx (año)	10	10	10	Contreras-Reyes *et al*., (2018)
h (steepness)	0.75	0.75	0.75	Yáñez *et al*., (2022)

Centollón: Actualmente no se realiza evaluación de stock para el recurso *P. granulosa*, por lo tanto, para estimar los parámetros de selectividad (L50 y pendiente) se aplicó el modelo LBPA de Canales *et al*., (2021). Para ello, se utilizaron las composiciones de longitudes de las procedencias asociadas a la zona norte, centro y sur de la Región de Magallanes. Sin embargo, las bases de datos disponían información sólo de la zona centro (la mayoría cercanas a Porvenir) y zona sur (la mayoría cercanas a la Isla Navarino). Lo anterior es consiste con lo reportado por los autores Daza *et al*., (2018) y Almonacid *et al*., (2018), los cuales señalan que los desembarques asociados a Puerto Natales (zona norte) han sido más bien esporádicos. Los valores obtenidos se indican en la **Tabla 11**, al igual que el conjunto de parámetros biológicos recopilados a partir de lo reportado en la literatura.

Tabla 11. Parámetros biológicos y pesqueros considerados para la estimación de PBR del recurso centollón en la zona centro y sur de la Región de Magallanes.

Parámetros	Zona centro	Zona sur	Referencias
L00 (mm)	110.3	110.3	Guzmán *et al*., (2004)
k (año^{-1})	0.165	0.165	Guzmán *et al*., (2004)
M (año^{-1})	0.25	0.25	Guzmán *et al*., (2004)
L50ms (mm)	50.5	50.5	Lovrich & Vinuesa (1993,1995)
L95ms (mm)	53.2	53.2	Lovrich & Vinuesa (1993,1995)
Desove	1	1	Daza *et al*., (2018)
L50 (mm)	78.9	82.6	Estimado
Pendiente	5.1	2.1	Estimado
Tmáx (año)	19	19	Guzmán *et al*., (2004)
h (steepness)	0.75	0.75	Supuesto

Jaiba marmola: Consistente con lo expuesto anteriormente para el recurso centolla, se consideró el mismo conjunto de parámetros biológicos utilizados en la evaluación de stock de la jaiba marmola, y también los parámetros de selectividad (L50 y pendiente) obtenidos por los autores Yáñez *et al*., (2022), a partir del ajuste del modelo Length Based Pseudo-LBPA) (Canales *et al*., 2021). Los parámetros biológicos y pesqueros utilizados para el recurso jaiba marmola en la Bahía de Ancud, Dalcahue y la Región de Aysén se indican en la **Tabla 12**.

Tabla 12. Parámetros biológicos y pesqueros considerados para la estimación de PBR del recurso jaiba marmola en la Bahía de Ancud, Dalcahue y la Región de Aysén.

Parámetros	Bahía de Ancud	Dalcahue	Aysén	Referencias
L00 (mm)	185.3	185.3	185.3	Yáñez *et al*., (2015)
k (año-1)	0.132	0.132	0.132	Yáñez *et al*., (2016)
M (año-1)	0.196	0.196	0.196	Yáñez *et al*., (2017)
L50ms (mm)	101.52	110.38	115.2	Pardo *et al*., (2009); Yáñez *et al*., (2022)
L95ms (mm)	122.37	114.96	117.9	Pardo *et al*., (2009); Yáñez *et al*., (2022)
Desove	0.875	0.875	0.875	Yáñez *et al*., (2022)
L50 (mm)	119.93	115.5	134.37	Yáñez *et al*., (2022)
Pendiente	3.06	2.21	1.9	Yáñez *et al*., (2022)
Tmáx (año)	12	12	12	Yáñez *et al*., (2022)
h (steepness)	0.75	0.75	0.75	Yañez *et al*., (2022)

Jaiba limón: Como se ha mencionado con anterioridad, los datos disponibles del recurso jaiba limón son escasos y carecen de calidad, además tampoco se realiza evaluación de stock para determinar las variables asociadas al estado del recurso y su pesquería. Por tal razón, para determinar los parámetros de selectividad (L50 y pendiente) se aplicó el modelo LBPA de Canales *et al*., (2021). Para ello, se utilizaron las composiciones de longitudes de las procedencias de la Región de Valparaíso y la Región del Biobío. Sin embargo, los datos de la Región de Valparaíso se excluyeron de los análisis por no ser robustos ni informativos. Considerando la importancia de esta Región en la pesquería de la jaiba limón, se consideró una talla al 50% de selectividad (L50) a los 120 mm de longitud y una selectividad "filo de cuchillo", basado según lo indicado por los pescadores en los talleres de trabajo. Los valores obtenidos se indican en la **Tabla 13**, al igual que el conjunto de parámetros biológicos recopilados a partir de lo reportado en la literatura.

Tabla 13. Parámetros biológicos y pesqueros considerados para la estimación de PBR del recurso jaiba limón en la Región de Valparaíso y en la Región del Biobío.

Parámetros	Biobío	Valparaíso	Referencias
L00 (mm)	150.59	150.59	Olguín et al., (2017)
k (año^{-1})	0.210	0.210	Olguín et al., (2017)
M (año^{-1})	0.286	0.286	Olguín et al., (2017)
L50ms (mm)	96.8	96.8	Olguín et al., (2017)
L95ms (mm)	101.64	101.64	Estimado
Desove	0.75	0.75	Inostroza et al., (1982)
L50 (mm)	118.2	120	Estimado (Biobío); Supuesto (Valparaíso)
Pendiente	2	0,1	Estimado (Biobío); Supuesto (Valparaíso)
Tmáx (año)	16	16	Estimado
h	0.75	0.75	Supuesto

- Análisis de sensibilidad

De manera complementaria a lo anteriormente señalado, las estimaciones de PBR evaluación fueron llevadas a cabo bajo condiciones de incertidumbre estructural en cuanto a los supuestos sobre la relación stock recluta (resiliencia reproductiva) determinada por el parámetro de steepnes (h) y la talla de madurez morfológica o funcional (**Tabla 14**):

Tabla 14. Escenarios de análisis para la estimación de PBR de los recursos centolla, centollón, jaiba marmola y jaiba limón.

Recurso	Talla morfológica	Steepness	Referencia
Centolla	110 (mm)	0.6 y 1.0	Supuesto
Centollón	57 (mm)	0.6	Lovrich & Vinuesa 1993,1995
Jaiba marmola	118.5 (mm)	0.6	Pardo *et al*., (2009)
Jaiba limón	103.9 (mm)	0.6	Olguín *et al*., (2017)

Talla morfológica o funcional: Los recursos bajo estudio se caracterizan por el rol que tiene el macho en el proceso reproductivo con la hembra, el cual debe tener un tamaño suficiente para poder lograr la cópula y, además competir con machos rivales (Jivoff, 1997; Pardo *et al*., 2016). Por otra parte, según lo reportador por Pardo *et al*., (2015) el tamaño del macho tiene una relación directa con la cantidad, calidad y transferencia de las espermas. Considerando que estas pesquerías se concentran principalmente en los machos y, por ende, que estos antecedentes tienen gran relevancia en el manejo, se hicieron análisis de sensibilidad considerando la talla morfológica o funcional de los recursos reportados en la literatura. Ante la ausencia de información de este parámetro para la centolla se tomó un valor referencial (supuesto).

Steepness (h): La resiliencia se expresa como el grado de relación entre los parentales y los reclutas S/R. Este parámetro corresponde a la proporción del reclutamiento virginal cuando el stock se ha reducido al 20%, pudiendo tomar valores desde 0.2 a 1.0. El valor máximo (h=1) indica que no existe relación S/R, mientras valores menores a 1 reflejan niveles de denso-dependencia de mayor magnitud. Tomando en cuenta las características de los recursos analizados, y la probabilidad de la existencia de meta-poblaciones con un bajo nivel de mezcla, se estimaron los PBR considerando un escenario más precautorio mediante un h=0.6. Solamente para el caso de la centolla se consideró además un escenario de denso-independencia (h=1), dado las sugerencias expuestas por los autores Yáñez *et al*., (2022) en el marco del programa "Estatus y posibilidades de explotación principales pesquerías nacionales, Crustáceos bentónicos".

4.4.4 Talleres de trabajo

En el marco de este objetivo, se realizaron 3 jornadas de trabajo (**Anexo 8**), con la participación de profesionales del Instituto de Fomento Pesquero con experiencia en el estudio de estos recursos, y con miembros del Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales: (i) La primera actividad se llevó a cabo el día 4 de julio del presente, con el objetivo de discutir los aspectos biológicos y ecológicos de cada recurso, relevantes a incluir para la estimación de PBR. (ii) El segundo taller fue realizado el día 6 de julio, con el fin de presentar a los asistentes los resultados obtenidos a partir de las sugerencias discutidas en la primera actividad (4 de julio). (iii) El último taller realizado, el 29 de septiembre, se presentaron los resultados finales de las estimaciones de los PBR de cada recurso y pesquería.

4.5. Objetivo específico 5: Proponer procedimientos alternativos de evaluación de stock y sus requerimientos de datos e información acorde a las características de los recursos y el régimen operacional de la pesquería.

Los modelos/procedimientos propuestos para las pesquerías de crustáceos bentónicos, y en particular para los recursos analizados en este estudio, se basaron en los procedimientos realizados para la obtención de Puntos Biológicos de Referencia e indicadores, y la clasificación de la calidad y tipo de datos disponibles realizada en el marco del objetivo específico 1 y 2. Para cada uno de los modelos se describe el tratamiento de datos previos, criterios y consideraciones a la hora de aplicarlos. De forma adicional, se generó un manual enfocado estrictamente en las indicaciones a seguir para una correcta implementación de los modelos.

De acuerdo con lo anterior, se recomienda emplear el modelo "Length-Based Pseudo-Cohort Análisis" (LBPA) (Canales *et al.*, 2021), dado que es idóneo para pesquerías de data limitada porque sólo se requiere datos de composiciones de tallas provenientes de las capturas y ciertos parámetros de historia de vida (e.g. L_{00}, k, M) para la estimación del agotamiento del potencial reproductivo, mortalidad por pesca, selectividad en función a la edad, entre otros. Es importante señalar que dada su robustez este método está siendo aplicado actualmente para la evaluación de stock de los recursos jaiba marmola, centolla, loco, almeja, entre otros.

Por otra parte, considerando el caso particular de la jaiba limón, se pudo demostrar durante el desarrollo de este estudio que los datos e información que se tiene de este recurso son escasos y poco robustos. Al Incorporar datos con alta incertidumbre en los modelos de evaluación se puede llegar a estimaciones sesgadas, por ello en este tipo de caso se recomienda utilizar modelos más simples que requieran menos fuentes de información como: Optimized Catch Only Method (OCOM; Zhou *et al*., 2018) y Catch Maximum Sustainable Yield (CMSY2; Froese *et al*., 2017).

4.5.1 Length-Based Pseudo-Cohort Analysis (LBPA)

El modelo LBPA ("Length Based pseudo-cohort analysis") corresponde a un análisis de cohortes a la talla formulado por Canales *et al.*, (2021), el cual es de naturaleza similar a otros como LBSPR de Hodryk *et al* (2015), pero cuya mayor diferencia radica en la posibilidad de integrar varios años de análisis tratados como muestras aleatorias de una determinada condición poblacional y penalizaciones en la función de verosimilitud. El modelo provee estimación de la mortalidad por pesca del período de análisis, el porcentaje de biomasa desovante remanente (SPR) y niveles de referencia (PBR) de acuerdo con el nivel de reducción de la biomasa desovante objetivo.

El modelo supone que la pesca es la única responsable de la ausencia de los peces más grandes, de manera que a mayor diferencia entre la longitud asintótica (talla promedio de los peces más longevos en estado virginal) y la talla promedio registrada en las capturas, da como resultado que el nivel de mortalidad por pesca se incrementa.

El modelo depende fuertemente de los parámetros de historia de vida (crecimiento, madurez y mortalidad) y supone condiciones de equilibrio, es decir, reclutamiento y mortalidad por pesca representados por un promedio de largo plazo. Este modelo es particularmente útil cuando no se disponen de estadísticas confiables de desembarques, pero si de un muestreo intensivo de tallas de las capturas. Con el fin de compatibilizar el supuesto de equilibrio antes mencionado, la implementación de este modelo considera bloques de años más recientes en vez de sólo uno, con lo cual incrementa los grados de libertad de este. El modelo resuelve 4 parámetros fundamentales los que corresponden a: la mortalidad por pesca de los grupos completamente reclutados a la pesquería (Fcr); la talla del reclutamiento (L_0); y los parámetros y rango de la curva logística de selectividad. En todos estos casos se consideran prioris informativas cuyos coeficientes de variación pueden ser fijados en torno a 0.1

4.5.2 Optimized Catch Only Method (OCOM)

El modelo Optimized Catch Only Method (OCOM) fue desarrollado por Zhou *et al*., (2017) y requiere sólo datos de captura y tasa de mortalidad natural (M). Se utiliza la mortalidad natural para obtener el valor de resiliencia priori, suponiendo $r_{prior}=2*F_{RMS}$ ($F_{RMS}=0{,}87*M$). Para evitar valores negativos, el modelo emplea una distribución log-normal.

$$r \sim \text{lognormal}(\mu r, \sigma^2_r)$$

donde µr es igual al $\log(r_{prior})$ y σ_r^2 igual a $\sigma_M^2 + \sigma_e^2$, siendo σ_M^2 el error de medición en M con un valor de 0.23 mientras que σ_e^2 es el error de proceso en la relación FMSY – M con un valor de 0.0012.

Este modelo estima la biomasa no explotada, la tasa de crecimiento de la población intrínseca, la biomasa anual, el agotamiento, mortalidad por pesca y los valores de referencia correspondiente al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS, BRMS y FRMS). Para su implementación, se genera gran cantidad de par de combinaciones de Productividad (r) y Saturación (S) (e.g. n = 10.000) a partir de la información previa para derivar la capacidad de carga (K) en el modelo de excedentes de

producción logístico, resolviendo Be/K =S (donde Be es la biomasa al final de la serie de tiempo registrada) usando un algoritmo de optimización.

4.5.3 Catch Maximum Sustainable Yield CMSY2

El modelo Catch Maximum Sustainable Yield (CMSY2) desarrollado por Froese *et al*., (2017) requiere para su implementación información de captura y resiliencia (tasa intrínseca de crecimiento r), teniendo esta última cuatros niveles de clasificación: resiliencia alta (valores entre 0.6 y 1.5), resiliencia media (valores entre 0.2 y 0.8), resiliencia baja (valores entre 0.05 y 0.5) y resiliencia muy baja (valores entre 0.015 y 0.1). El modelo calcula rangos probables para detectar pares r-k "viables" a partir de un enfoque de Monte Carlo. Los parámetros se consideran “viables” si las trayectorias de biomasa calculadas con el modelo de producción son compatibles con las capturas observadas, en el sentido de que la biomasa predicha no se vuelve negativa y es compatible con estimaciones previas de rangos de biomasa relativa para el inicio y el final de la serie de tiempo analizada. La combinación de pares r-k “viables” generalmente da como resultado una nube de forma triangular en el espacio logarítmico, donde la opción más probable se encuentra en la región de la punta del triángulo y no en el centro. El modelo genera estimaciones correspondientes a la biomasa, como el tamaño relativo de la población (B/Bmsy), la explotación (F/Fmsy) y captura del Máximo Rendimiento Sostenible (MSY).

5. Resultados

5.1. Objetivo específico 1: Establecer las brechas de conocimiento e información de los recursos en las pesquerías de jaibas, centolla y centollón.

5.1.1. Revisión y sistematización de las investigaciones existentes sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón.

Se realizó una exhaustiva revisión de informes de proyectos, estudios e investigación sobre la biología, la dinámica poblacional, el estatus de los recursos y las pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón. La revisión fue enfocada a documentos relacionados con los objetivos del presente estudio, por lo tanto, en la base de datos no se incorporó ningún estudio y/o información que no estuviera relacionada con los datos requeridos para la estimación de PBR (e.g. documentos de carácter biológico como contenido estomacal). Además de este criterio, la selectividad de los documentos fue realizada por un rango de tiempo (1990-2020) y territorialidad (desde la Región de Valparaíso hasta Región de Magallanes), teniendo como resultado un total de 123 documentos. Estos fueron identificados por el origen de la información (tipo y/o institución) y por una numeración de cuatro dígitos correlativos para indicar un ordenamiento (e.g. IFOP0001, FIPA0001, PAPER0001), lo cual se denominó como "llave" (ver **Tabla 2**)

La **Tabla 15** muestra el número de documentos seleccionados por tipo y/o institución de procedencia y por año, lo que permite observar la continuidad temporal de los estudios/investigaciones e identificar las mayores contribuciones según el tipo y/o institución respecto a la generación de estudios para estos tipos de recursos. En este sentido, se destaca que los mayores estudios son provenientes de IFOP (76), con un levantamiento de información continua durante el tiempo analizado (1990-2020). Posteriormente, se encuentran los provenientes de paper y el FIPA, con una totalidad de 21 y 15 documentos respectivamente, y con una generación de información no continua durante los últimos 30 años. La menor contribución ha sido por parte de investigaciones (6) y tesis (5), generada principalmente después del 2012.

Tabla 15. Número de fuentes por tipo de documento/institución y año (Fuente: Elaboración propia).

AÑO	FIPA	IFOP	INVEST	PAPER	TESIS	TOTAL
1990		3				3
1991		3				3
1992		2				2
1993		3				3
1994		2				2
1995	1	2				3
1996		1				1
1997	2	3				5
1998	1	6				7
1999	2	1		1		4
2000		3				3
2001		2				2
2002		2				2
2003		1	1	2		4
2004	1	2				3
2005		2		1		3
2006	1	1		1		3
2007	2	1		2		5
2008		2		1		3
2009	1	2		1	1	5
2010		2				2
2011		5		2		7
2012		2		1		3
2013		2	1		1	4
2014		2	1	2		5
2015		3			1	4
2016	1	3	1	2	2	9
2017	1	2				3
2018	2	3	1	2		8
2019		5	1			6
2020		3		1		4
2021				2		2
TOTAL	**15**	**76**	**6**	**21**	**5**	**123**

El número de fuentes encontrados por recurso y por tipo de documentos/institución se encuentra señalado en la **Tabla 16**, donde se destaca que, para los cuatro recursos la principal contribución la realiza IFOP. Además, la mayor cantidad de fuentes se reporta para los recursos centolla y jaiba marmola, con 84 y 62 respectivamente. En cambio, la jaiba limón es la que reporta el menor número de fuentes encontrados (23).

Cabe aclarar que 13 de las fuentes totales recopilados se enfocan en la pesquería de jaibas, y no necesariamente especifican si se refiere directamente a jaiba limón y/o jaiba marmola. Por otra parte, algunas de las fuentes revisadas hacen referencia a más de un recurso objetivo; de tal manera que la suma de las fuentes de la **Tabla 16** no coincide con el número total de archivos enumerados y contabilizados que muestra la **Tabla 15**.

Tabla 16. Número de fuentes encontrados en la revisión bibliográfica por recurso y por tipo de documentos/institución (Fuente: Elaboración propia).

Recurso	FIPA	IFOP	INVEST	PAPER	TESIS	N° de fuentes
Jaiba marmola	11	35	4	11	1	62
Jaiba limón	4	14	2	3	-	23
Jaibas	-	13	-	-	-	13
Centolla	7	66	-	7	4	84
Centollón	1	38	-	6	-	45

- Gestor de referencia electrónico: MENDELEY DESKTOP

La recopilación bibliográfica obtenida en este proyecto se encuentra disponible en el Software MENDELEY, el cual debe ser instalado previamente desde la página web: www.mendeley.com (licencia libre). La información se encuentra contenida en 5 carpetas relacionadas por el origen de la información: Estudios e investigación, FIPA, IFOP, PAPER y TESIS. Además, se creó una sexta carpeta donde se encuentra disponible las bases de datos generadas en este estudio:

Tabla 1: Información reportada en el marco de la etapa "Revisión y sistematización de las investigaciones existentes sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón". Para facilitar la búsqueda de archivos, en el **Anexo 4** se detallan las palabras claves respecto a los objetivos de cada una de las fuentes encontradas.

Tabla 2: Información reportada en el marco de la etapa "Revisión y sistematización de los datos e información disponible sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón". Para facilitar la búsqueda de información, en el **Anexo 4** se detallan los ámbitos y atributos respectivos que fueron considerados.

Para su acceso, debe ingresar con el siguiente correo y clave:

Correo electrónico	fipacrustaceosbento@gmail.com
Clave	FIPA2021-14

5.1.2. Revisión y sistematización de los datos e información disponible sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón

Los datos e información recopilada a partir de las 123 fuentes, se encuentra disponible en el gestor de referencia MENDELEY (ver punto 5.1.1), sistematizada de acuerdo con lo señalado en la **Tabla 3.** De acuerdo con la disponibilidad de información por ámbito y recurso (**Tabla 17**), se destaca que para la centolla se encontraron datos para todos los ámbitos establecidos, siendo los más abundantes: los desembarques, medidas de esfuerzo de pesca, composiciones de longitudes e índices de abundancia, dado que más de 31 fuentes reportaron información al respecto. Por otra parte, el recurso jaiba limón es el que presenta el menor número de fuentes para la mayoría de los ámbitos, a excepción de los desembarques que fue clasificada como moderada considerando que existen más de 11 fuentes que reportan dicha información. En términos generales, los ámbitos más escasos para los 4 recursos son los de capturas, información de peso y otros (biomasa y mortalidad por pesca).

Es importante señalar que dicho análisis sólo hace referencia al número de fuentes que reporta información respecto a un ámbito, y no a la suficiencia y calidad de esta, dado que puede existir sólo una fuente de información, pero esta puede poseer un rango de datos extensos. Por lo tanto, la cantidad de fuentes de información puede ser escasa pero la calidad que contiene ésta puede ser óptima. A pesar de lo anterior, no se debe restar importancia que mientras mayor sea el número de fuentes es posible que la data sea aún más completa.

Tabla 17. Disponibilidad de información por ámbito y recurso (Fuente: Elaboración propia).

Ámbito	Centolla	Centollón	Jaiba limón	Jaiba marmola
1.- Capturas	1	6	5	3
2.- Información de peso	11	7	2	7
3.- Composiciones de longitudes	38	16	4	28
4.- Desembarques	66	40	19	30
5.- Índices de abundancia	36	14	2	13
6.- Medidas de esfuerzo de pesca	56	23	6	30
7.- Parámetros biológicos	19	11	2	16
8.- Variables biológicas	29	11	3	21
9.- Otros (biomasa, mort.pesca)	4	1		2

Abundante (+31), Buena (21-30), Moderada (11-20) y Escasa (1-10)

En la **Figura 11**, se puede observar el tipo y/o Institución que más contribución ha realizado por ámbito y por recurso. En este sentido, los recursos centolla y centollón predominan los estudios provenientes de IFOP (alrededor del 80%) y, posteriormente los del FIPA pero en menor proporción. La información disponible para el recurso jaiba limón se encuentra representada por IFOP, FIPA y paper. En cambio, la jaiba marmola fue el recurso que presentó mayor heterogeneidad respecto al tipo y/o Institución que han proporcionado información para este, sin embargo, el de mayor contribución es IFOP.

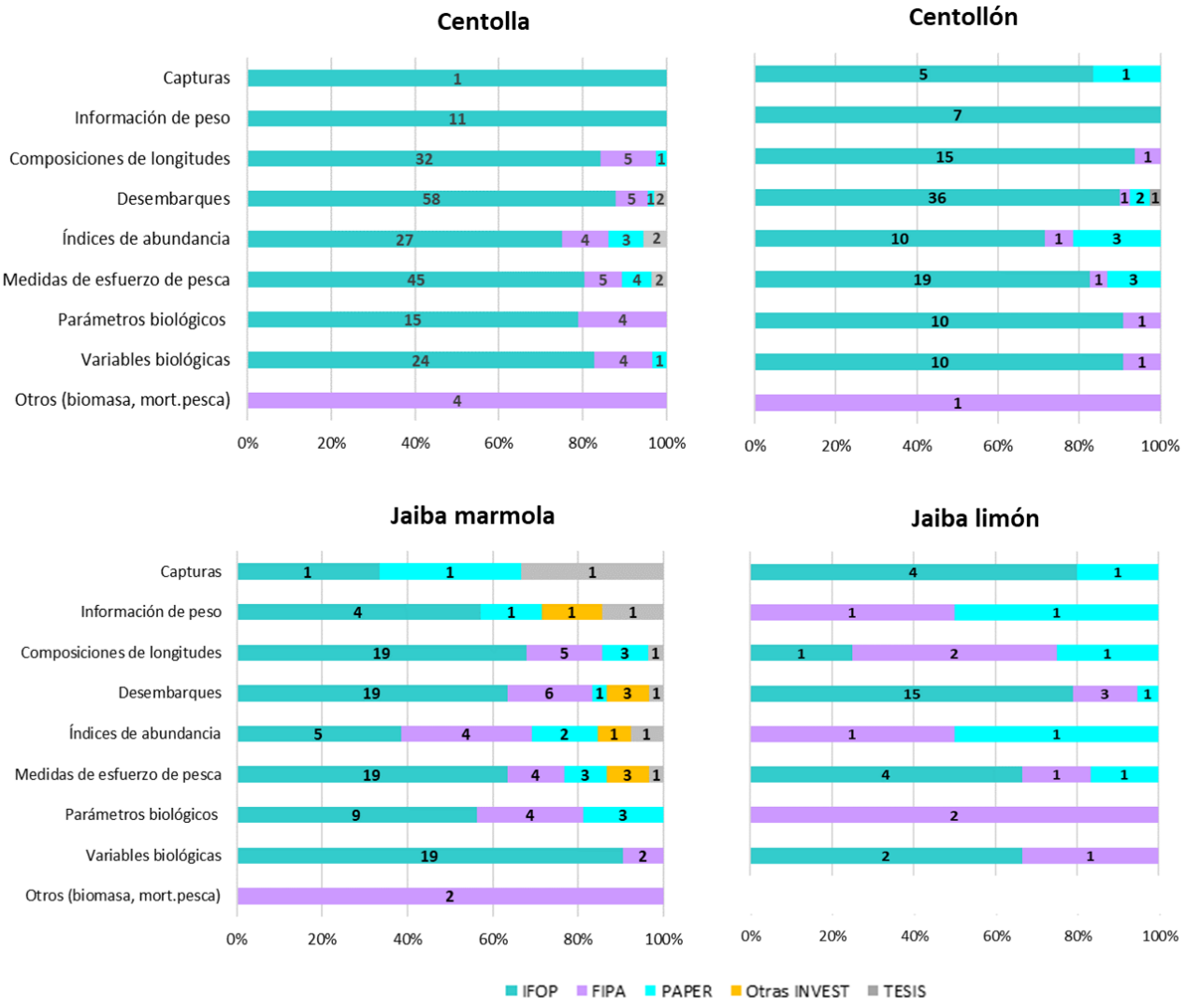


Figura 11. Información disponible para cada recurso por ámbito, y por tipo y/o Institución (Fuente: Elaboración propia).

Toda la información recopilada en esta etapa se encuentra resumida en la **Tabla 19**, donde se realizó una línea base con el objetivo de definir la cobertura geográfica (regiones), series de tiempo (año inicial y final), periodicidad (anual, trimestral y/o mensual), y la disponibilidad de datos a nivel local (puerto o procedencia). Es importante señalar que, los datos de desembarques provenientes del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SNPA) se presentan de forma independiente de las otras fuentes de información (**Tabla 20**), dado que son las cifras oficiales reportadas por la autoridad respectiva, donde se desglosa por sector artesanal e industrial, además de especificar si la información está por puerto, a nivel regional o a nivel nacional. En este sentido, en la **Tabla 18** se muestran los puertos por Región donde se han declarado desembarques de los recursos de interés según lo indicado en las estadísticas oficiales.

Tabla 18. Puertos de desembarque identificados por SNPA, individualizados por Región y recurso (Fuente: Elaboración propia).

Región	Centolla	Centollón	Jaiba limón	Jaiba marmola
Valparaíso			La Ligua; Quintero; Valparaíso; San Antonio	Quintero;
O'Higgins			Pichilemu	
Maule			Pelluhue; Iloca	
Ñuble			Cobquecura	
Biobío			Tomé; Talcahuano; San Vicente; Coronel; Lebu	Tomé; Coronel; Lebu
La Araucanía				Puerto Saavedra
Los Ríos	Corral; Valdivia;			Valdivia
Los Lagos	Puerto Montt; Ancud; Calbuco; Castro; Palena; Queilen; Quellón			Puerto Montt; Maullín; Ancud; Castro; Queilen; Quellón
Aysén	Melinka; Cisnes; Aysén;			Melinka; Cisnes; Aysén; Chacabuco;
Magallanes y la Antártica Chilena	Porvenir; Puerto Natales; Punta Arenas; Puerto Williams;	Porvenir; Punta Arenas; Puerto Williams;		

De acuerdo con la línea base explicada con anterioridad (**Tabla 19**), se destaca que la mayoría de los datos disponibles para el recurso centolla son provenientes de la Región de Aysén, Los Lagos y Magallanes, siendo esta última la única que posee disponibilidad en todos los ámbitos establecidos. Cabe destacar que el ámbito capturas cuenta con una clasificación escasa (**Tabla *17***), sin embargo, la serie de tiempo corresponde a 12 años de información (2007 a 2019). Para el recurso centollón, la Región de Magallanes es la que posee la mayor representación geográfica en todos los ámbitos, además de contar con series de tiempo extensas. La jaiba limón no presentó información para el ámbito "otros", referidos a estimaciones de biomasa y mortalidad por pesca, sin embargo, todos los ámbitos fueron cubiertos, donde la mayoría provenían de la Región de Los Lagos y con amplios rangos de años. Por último, la jaiba marmola es el recurso donde existe información para un mayor número de regiones, predominando la Región del Biobío, Los Ríos, Los Lagos y Magallanes, las cuales cuentan con amplias series de tiempo en la mayoría de los ámbitos.

De acuerdo con las estadísticas oficiales reportadas por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SNPA) (**Tabla 20**), existe información proveniente del desembarque total y del sector artesanal para todos los recursos de interés, con series de tiempo que varían entre 1990-2020 para los recursos centolla y centollón y, entre 1995-2020 para la jaiba limón y jaiba marmola. Respecto al sector industrial, únicamente se reporta para la centolla y centollón, pero con un sólo año de información (1990) para el centollón, en cambio para la centolla se dispone de una serie entre 1990 hasta el 2015.

Es relevante indicar que los resultados señalados en la **Tabla 19** es un análisis general de la información disponible, donde no se discriminó ni por Región ni por atributo. Esto es importante de aclarar, considerando que si se realiza un análisis con mayor profundidad los resultados pueden ser totalmente diferentes, por ejemplo: para el ámbito "medidas de esfuerzo de pesca", existe información del centollón para la Región de Los Lagos, Aysén y Magallanes, entre los años 1989-2019 por puerto y procedencia. Sin embargo, si realizamos un análisis más detallado, podría ser que para la Región de Los Lagos el rango de años sea más acotado y que esta no se encuentre disponible ni por puerto ni por procedencia y, además puede existir información variada según el atributo (días de pesca, n° de trampas, n° de viajes, entre otros) lo cual también puede variar la serie de tiempo para ese atributo.

Tabla 19. Línea base resumen construida a partir de la sistematización de la información (Fuente: Elaboración propia).

Ámbitos	Centolla	Centollón	Jaiba limón	Jaiba marmola
Capturas	1) Regiones: Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 2007-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1994-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: Sí	1) Región: Biobío, Los Lagos 2) Año I-Año F: 2002-2013 3) Periodicidad: Anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Biobío, Los Ríos, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 2002-2007 3) Periodicidad: Anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: Sí
Composiciones de longitudes	1) Regiones: Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1979-2019 3) Periodicidad: Mensual, semestral, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Región: Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1989-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Región: Los Lagos 2) Año I-Año F: 1981-2017 3) Periodicidad: Trimestral, anual 4) Puertos: No 5) Procedencia; Sí	1) Regiones: Maule, Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1972-2019 3) Periodicidad: Mensual, trimestral, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí
Desembarques	1) Regiones: Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena, Nacional 2) Año I-Año F: 1945-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia Sí	1) Regiones: Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena, Nacional 2) Año I-Año F: 1977-2019 3) Periodicidad: Mensual, trimestral, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Regiones, Valparaíso, Maule, Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Nacional 2) Año I-Año F: 1987-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Valparaíso, Libertador Bernardo O´Higgins, Maule, Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena, Nacional 2) Año I-Año F: 1970-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí
Índices de abundancia	1) Regiones: Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1980-2019 3) Periodicidad: Mensual, trimestral, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1981-2019 3) Periodicidad: Mensual, trimestral, anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: Sí	1) Región: Valparaíso, Araucanía 2) Año I-Año F: 1981-2000 3) Periodicidad: Anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1982-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí

Continuación **Tabla 19**.

Ámbitos	Centolla	Centollón	Jaiba limón	Jaiba marmola
Información de peso	1) Regiones: Los Lagos, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1996 - 2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Región: Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 2007-2018 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Región: Los Lagos 2) Año I-Año F: 1981-2004 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: No	1) Regiones: Valparaíso, Maule, Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1997-2007 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí
Medidas de esfuerzo de pesca	1) Regiones: Maule, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1979-2019 3) Periodicidad: mensual, trimestral, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1989-2019 3) Periodicidad: Mensual, trimestral, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Región: Los Lagos 2) Año I-Año F: 1981-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Valparaíso, Maule, Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena, Nacional 2) Año I-Año F: 1986-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí
Parámetros biológicos	1) Regiones: Los Lagos, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1986-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Región: Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1991-2019 3) Periodicidad: Mensual; Anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Valparaíso, No especifica 2) Año I-Año F: 1976-2017 3) Periodicidad: Anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1970-2018 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí
Variables biológicas	1) Regiones: Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1994-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Región: Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 2002-2019 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Valparaíso, Maule, Los Lagos 2) Año I-Año F: 2000-2017 3) Periodicidad: Mensual, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: No	1) Regiones: Maule, Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1986-2019 3) Periodicidad: Mensual, trimestral, anual 4) Puertos: Sí 5) Procedencia: Sí
Otros	1) Regiones: Los Lagos, Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 1994-2003 3) Periodicidad: Anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: Sí	1) Regiones: Magallanes y Antártica Chilena 2) Año I-Año F: 2003-2003 3) Periodicidad: Anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: Sí	1) Región: NA 2) Año I-Año F: NA 3) Periodicidad: NA 4) Puertos: NA 5) Procedencia: NA	1) Regiones: Los Lagos, Aysén 2) Año I-Año F: 1970-2014 3) Periodicidad: Anual 4) Puertos: No 5) Procedencia: No

Tabla 20. Resumen estadístico de desembarque del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Fuente: Elaboración propia).

Ámbito	Centolla	Centollón	Jaiba limón	Jaiba marmola
Desembarque total	1) Distribución espacial: Puerto, regional, nacional 2) Regiones: Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 3) Año I-Año F: 1990-2020 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: Sí 6) Procedencia: No	1) Distribución espacial: Puerto, regional, nacional 2) Regiones: Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 3) Año I-Año F: 1990-2020 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: Sí 6) Procedencia: No	1) Distribución espacial: Puerto, regional, nacional 2) Regiones: Valparaíso, Libertador Bernardo O´Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, Los Lagos y Aysén 3) Año I-Año F: 1995-2020 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: Sí 6) Procedencia: No	1) Distribución espacial: Puerto, regional, nacional 2) Regiones: Valparaíso, Maule, Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 3) Año I-Año F: 1995-2020 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: Sí 6) Procedencia: No
Desembarque Industrial	1) Distribución espacial: Regional, nacional 2) Regiones: Los Lagos 3) Año I-Año F: 1990-2015 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: No 6) Procedencia: No	1) Distribución espacial: Regional 2) Regiones: Magallanes y Antártica Chilena 3) Año I-Año F: 1990-1990 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: No 6) Procedencia: No	1) Distribución espacial: ND 2) Regiones: ND 3) Año I-Año F: ND 4) Periodicidad: ND 5) Puertos: ND 6) Procedencia: ND	1) Distribución espacial: ND 2) Regiones: ND 3) Año I-Año F: ND 4) Periodicidad: ND 5) Puertos: ND 6) Procedencia: ND
Desembarque Artesanal	1) Distribución espacial: Regional, nacional 2) Regiones: Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 3) Año I-Año F: 1990-2020 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: si 6) Procedencia: si	1) Distribución espacial: Regional, nacional 2) Regiones: Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 3) Año I-Año F: 1990-2020 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: si 6) Procedencia: si	1) Distribución espacial: Regional, nacional 2) Regiones: Valparaíso, Libertador Bernardo O´Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, Los Lagos y Aysén 3) Año I-Año F: 1995-2020 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: si 6) Procedencia: si	1) Distribución espacial: Regional, Nacional 2) Regiones: Valparaíso, Maule, Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes y Antártica Chilena 3) Año I-Año F: 1995-2020 4) Periodicidad: Mensual, anual 5) Puertos: si 6) Procedencia: si

5.1.3. Análisis dual de las brechas o vacíos existentes de información y datos sobre los recursos y pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón.

El análisis sobre la disponibilidad o existencia y accesibilidad de la data sobre atributos (variables) de los recursos y pesquería, fue realizado en términos generales en el punto 5.1.2 (**Tabla 19**), donde se pudo observar en primera instancia la homogeneidad o heterogeneidad de los datos por ámbito y recurso, así como los vacíos temporales y espaciales de la misma. Por otra parte, el contraste de la información disponible con aquella requerida por los modelos y metodologías posibles para la determinación de los PBR fue abordado en el objetivo específico 2, considerando que tiene una relación directa con la definición y/o establecimiento del estándar técnico.

5.1.4. Primer taller técnico

El día 24 de marzo del año 2022 se realizó el primer taller de trabajo, cuyo objetivo consistió en generar una revisión de los datos y antecedentes recopilados para las pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón, además de definir las metodologías a emplear para el establecimiento de los PBR. Esta actividad fue realizada mediante la "plataforma Zoom", la cual tuvo una duración aproximada de 1 hora y 10 minutos, y con una participación total de 22 personas (**Anexo 5**).

Durante la actividad, se discutieron una serie de aspectos esenciales tanto para la recolección de datos e información como para la estimación de los PBR. En este último, se destaca principalmente las variables operaciones que se utilizaron para los análisis correspondientes, además de los sesgos que existen en ciertos datos que son necesarios para la alimentación de los modelos de estimación. Las opiniones, comentarios y/o sugerencias más relevantes a considerar se encuentran agrupadas en cuatro tópicos: (i) Búsqueda de literatura e información; (ii) Indicadores de desempeño y CPUE; (iii) Pesquería y capturas; y (iv) Trampas. El resumen de ello se encuentra indicado en la **Tabla 21**, sin embargo, se destaca que todo el contexto y explicación de lo señalado en esta actividad se encuentra disponible en el acta del taller (ver **Anexo 2**)

Tabla 21. Resumen de opiniones, comentarios y/o sugerencias propuestas a lo largo del taller según tópicos generales.

Tópico	Opiniones/comentarios/sugerencias recogidas
Búsqueda de literatura e información	- Tomar en consideración nombres científicos sinónimos y anteriores a los actuales, con el fin de no dejar datos excluidos. - Considerar datos del Canal Beagle, ya que también pertenecen al territorio chileno, y los recursos presentes (centolla y centollón) se mueven a lo largo del canal. - Se necesita recopilar información de las particularidades de las pesquerías de decápodos, con enfoques en conectividad espacial, biología reproductiva, y reclutamiento.
Indicadores de desempeño y CPUE	- Las medidas de manejo deben estar acorde a la experiencia habitual del pescador. - Se sugiere usar como indicador el ingreso o captura por viaje de pesca, traducido como rendimiento de pesca.
Pesquería y capturas	- Se realizará una nueva revisión de antecedentes con el fin de registrar datos de captura de centolla y centollón a cabalidad. - Se destacó la existencia de diferencias a nivel local para pesquerías de crustáceos, particularmente para jaiba marmola, donde estas particularidades influyen en la toma de decisiones de los usuarios. - Se aconseja trabajar con polígonos de pesca en la zona de Magallanes, dada la gran extensión del territorio. - La situación económica de cada pescador también influye en el esfuerzo de pesca diario/mensual.
Trampas	- El arte de pesca usada impide cubrir toda la distribución batimétrica de los recursos, por lo que siempre existirá una zona resguardada o de escape. - La ubicación de la trampa (área y/o tipo de sustrato) determinará la composición de especies presentes, pudiendo variar la captura entre monoespecífica y multiespecífica. - En la Región de los Lagos, las trampas son usadas como indicadores de esfuerzo. - Las trampas presentan un efecto de saturación, donde los individuos que ingresan primero impiden el ingreso del resto.

5.2. Objetivo específico 2: Definir y/o establecer el estándar técnico de trabajo para la estimación Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y PBR asociado a éste o de los indicadores afines.

5.2.1. Consideraciones ecológicas y biológicas

A partir de una revisión bibliográfica, se hizo una recopilación de los principales aspectos ecológicos y biológicos a considerar para la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia para los recursos centolla (**Tabla 22**), centollón (**Tabla 23**), jaiba limón (**Tabla 24**) y jaiba marmola (**Tabla 25**), estos son: (i) Distribución y hábitat; (ii) Parámetros biológicos y de historia de vida; (iii) Comportamiento de la especie y; (iv) Pesquería.

Tabla 22. Aspectos ecológicos y biológicos del recurso centolla.

Centolla (*Lithodes santolla*)	
Distribución y hábitat	La centolla habita en Chile desde la Región de Los Ríos (cercano a Valdivia) hasta la Región de Magallanes. Batimétricamente se distribuye entre los 0 y 700 m de profundidad, con una concentración máxima de la pesquería ubicada entre los 10 y 50 m de profundidad. Son frecuentes en ambientes de fiordos y canales. Al igual que con otros crustáceos Lithodidos, la centolla presenta una distribución batimétrica diferenciada por sexos ligada a los eventos de cópula (SSPA, 2014).
Parámetros Biológicos y de historia de vida	Contreras-Reyes *et al*., (2018) determinaron parámetros de crecimiento diferenciados por sexo, donde para machos se determinó L_∞ = 176.76 mm, K = 0.15 año^{-1}, y t_0 = −1.68 años, y para hembras se estimó L_∞ = 134.80 mm, K = 0.22 año^{-1}, t_0 = −1.30 años.
Comportamiento de la especie	Presenta un ciclo reproductivo anual, donde la cópula se da entre los meses de diciembre y enero, y la eclosión de huevos ocurre aproximadamente a los 10 meses, entre septiembre y noviembre (Boschi *et al*., 1984). La duración del periodo larval depende principalmente de la temperatura ambiental, donde a menor temperatura, mayor es el tiempo de duración del estadio larval (Anger *et al*., 2004).
Pesquería	Esta pesquería es administrada tomando en consideración la estrategia SSS (*Size, Sex, Season*), es decir, presenta regulaciones en tallas, prohibición de captura de hembras, y vedas estacionales. La talla mínima legal de captura es de 110 mm de longitud cefalotoráxica (LC) para individuos machos distribuidos entre el límite norte de la Región de Los Ríos y el paralelo 46° 30’ LS, y de 120 mm de LC al sur del paralelo ya mencionado (SSPA, 2022). Considerando el ciclo reproductivo de esta especie, las mayores tallas de desembarque se obtienen hacia finales de temporada (agosto y noviembre) de cada año.

Tabla 23. Aspectos ecológicos y biológicos del recurso centollón.

Centollón (*Paralomis granulosa*)	
Distribución y hábitat	En Chile, esta especie se encuentra presente desde la Región de Los Lagos hasta la Región de Magallanes. Se distribuye batimétricamente entre los 10 y 150 m de profundidad (Almonacid *et al*., 2018). Son frecuentes en ambientes de fiordos y canales, y los juveniles de *P. granulosa* de 5-50 mm LC viven asociados a los "bosques" de huiros *Macrocystis pyrifera* (Castilla, 1985).
Parámetros Biológicos y de historia de vida	Los machos alcanzan la madurez sexual a los 50.5 mm de LC (y madurez morfométrica a los 57 mm), mientras que las hembras alcanzan la madurez sexual a los 60.6 mm de LC. Esto se traduce en una madurez sexual aproximada a los 10 años de vida (Lovrich & Vinuesa, 2016). Wyngaard *et al*. (2016) estimaron para el centollón de la zona sur de Argentina, un peso promedio de 375 gr a los 80 mm (Talla mínima legal de captura), y de 766 gr a los 100 mm de LC. Guzmán *et al.,* (2004) definieron para esta especie los parámetros L_∞ = 110.34 mm, K = 0.17 año^{-1}, y t_0 = 0.38 años para machos, y L_∞ = 106.91 mm, K = 0.15 año^{-1}, y t_0 = -0.064 años para hembras.
Comportamiento de la especie	La temperatura superficial del mar tiene incidencias en el comportamiento, biología y distribución de este decápodo, impactando directamente en la abundancia de larvas de peces y zooplancton que conformar parte de la dieta del centollón, y afectando el crecimiento de los estadios tempranos de la especie (Petriella & Boschi, 1997; Thatje *et al*. 2005; Paschke *et al*., 2013). Dicho esto, Anger *et al*., (2003) mencionan que los estadios tempranos presentan no sólo una alta tolerancia a bajas temperaturas, sino además se encuentran adaptados a condiciones de alimento limitado o escaso, aumentando sus probabilidades de sobrevivencia en ambientes subantárticos.
Pesquería	Es considerada una actividad extractiva alternativa en los periodos en que la centolla (*L. santolla*) está en veda. Está permitida la captura de centollón entre el 1 de febrero y 30 de noviembre de cada año, dejando los otros meses de veda reproductiva. La talla mínima legal de extracción es de 80 mm para machos de la especie. Al igual que con otros crustáceos bentónicos, la captura de hembras está prohibida.

Tabla 24. Aspectos ecológicos y biológicos del recurso jaiba limón.

Jaiba limón (*Cancer porteri*)	
Distribución y hábitat	Se distribuye desde Panamá hasta la bahía de Concepción, en la Región del Biobío en Chile, y suele habitar entre los 0 a 500 m de profundidad (Retamal, 1981). Habita fondos preferiblemente blandos y bahías protegidas.
Parámetros Biológicos y de historia de vida	Los datos de parámetros biológicos e historia de vida de esta especie sólo están determinados para la Región de Valparaíso. Dicho esto, esta especie presenta una talla asintótica (de ancho cefalotoráxica (AC)) de 151 mm en machos, y 123 mm en hembras, y una talla de LC de madurez morfológica de 95 mm para hembras, y 103 mm para machos. La mortalidad natural (M) estimada para este recurso es de 0.29 para machos y 0.28 para hembras. Finalmente, presenta una tasa de crecimiento *k* de 0.21 año^{-1} para machos y 0.2 año^{-1} para hembras (Olguín *et al.,* 2017).
Comportamiento de la especie	Esta jaiba presenta un amplio espectro de alimentación, dado su comportamiento carroñero. En este sentido, para su trampeo se suelen ocupar cabezas de merluza como carnada (Muñoz *et al*., 2006). Esta especie además tiene hábitos de alimentación nocturnos, por lo que los mayores rendimientos de pesca se obtienen en la noche (Inostroza *et al*., 1982). En meses de verano y otoño, migra desde zonas de mayor profundidad a zonas más someras, movimiento probablemente asociado a sus ciclos reproductivos (Muñoz *et al*., 2006; Olguín *et al*., 2017), los cuales estarían determinados por la hembra, ya que el macho mantendría su potencial reproductivo durante todo el año.
Pesquería	El desembarque de esta especie es de bajas proporciones en relación con el desembarque de jaibas a nivel nacional. Esta pesquería constituye principalmente una actividad complementaria a otras pesquerías (Retamal *et al*., 2009).

Tabla 25. Aspectos ecológicos y biológicos del recurso jaiba marmola.

Jaiba marmola (*Metacarcinus edwardsii*)	
Distribución y hábitat	Se distribuye desde Guayaquil (sur de Ecuador) hasta el estrecho de Magallanes en Chile, habitando profundidades entre los 0 a 40 m bajo el nivel del mar. Esta especie se asocia a fondos de arenas finas ubicadas en costas protegidas, siendo en estas zonas donde se han reportado las mayores capturas de la especie (Guzmán *et al*., 2004).
Parámetros Biológicos y de historia de vida	En aspectos reproductivos, la talla de madurez se estima en 95.87 mm (Pardo *et al*. 2009). Los parámetros de crecimiento fueron estimados diferenciadamente para individuos de las regiones del Biobío y Los Ríos, y diferenciados por sexos (Olguín *et al*., 2017). Para la Región del Biobío, los parámetros estimados son L_∞ = 186.31 mm, k = 0.18 año^{-1}, y L_0 = 59.45 mm para machos; y L_∞ = 169.66 mm, k = 0.19 año^{-1}, y L_0 = 71.80 mm para hembras. Por otra parte, para la Región de Los Ríos los parámetros son L_∞ = 191.88 mm, k = 0.16 año^{-1}, y L_0 = 28.89 mm para machos; y L_∞ = 183.24 mm, k = 0.21 año^{-1}, y L_0 = 52.46 mm para hembras.
Comportamiento de la especie	El proceso de reproducción sexual se da principalmente en aguas someras durante épocas de otoño e invierno mientras que, en la época de desove, la cual varía dependiendo de la zona según diversos autores (Olguín *et al*., 2017), los individuos migran a aguas profundas. Estas migraciones inciden en variaciones de la proporción de sexos disponibles para la pesquería, siendo mayor en hembras a comienzos del año, y mayor en machos en periodos donde la hembra está portando huevos.
Pesquería	Actualmente el recurso se encuentra en estado crítico, dado que la biomasa desovante (BD) está ligeramente sobre el 20% de la biomasa virginal (Bo) (Olguín *et al*., 2017).

5.2.2. Establecimiento del estándar técnico

Calidad de los datos

En la **Tabla 26**, se específica los criterios que fueron definidos para clasificar los datos (ámbitos) en cada nivel. Los criterios establecidos se diferenciaron en los datos (ámbitos) donde es relevante tener una serie de tiempo y conocer el origen del dato "distribución espacial", como en el caso de las capturas, información de peso, composiciones de longitudes, desembarques, índices de abundancia, medidas de esfuerzo de pesca, variables biológicas u otros. En cambio, otros criterios se establecieron para los datos (ámbitos) donde sólo se necesita saber en términos generales, es decir la existencia o no de esta información (parámetros biológicos).

Se destaca que el criterio de "distribución espacial" es un aspecto relevante para este estudio, dado que uno de los principales insumos para el cálculo de los PBR son los valores referidos al Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), los cuales dependen en gran medida de la relación stock-recluta (S/R). Esta relación esta principalmente relacionada con las condiciones ambientales de cada localidad, por ejemplo, en zonas abiertas donde el intercambio de aguas es alto se suele suponer que existe una baja relación stock- recluta (denso-independencia), dado que la zona está recibiendo constantemente larvas provenientes de otras localidades. Bajo estas condiciones el PBR puede ser menor en comparación de una población de denso-dependencia, ya que el stock es altamente resiliente y, por ende, se puede cautelar una proporción de biomasa desovante menor para que el recurso se mantenga en su RMS.

La mortalidad por pesca (F) es otro factor significativo en la estimación de los PBR, la cual también puede variar según la localidad donde se desarrolla la actividad extractiva, dado que esta se encuentra en función de la selectividad de la pesquería, que normalmente está regulada por la talla mínima de extracción que establece la autoridad respectiva. En el caso que los datos provenientes de una localidad evidencien extracción de ejemplares inferiores a lo que establece la normativa, implicaría que, para mantener al recurso en su Punto Biológico de Referencia, la mortalidad por pesca (Fref) debe ser más baja a comparación si se explotará sobre la talla mínima de extracción. Suponiendo casos más extremos, si la extracción se realiza antes de la talla de madurez, la condición del recurso puede ser crítica (agotado/sobreexplotado) y consecuentemente los niveles de mortalidad por pesca deben bajar significativamente para recuperar al recurso en una condición "saludable" (sin sobreexplotación y sin sobrepesca).

Tabla 26. Estándar de calidad para la clasificación de los datos disponibles por ámbito.

Ámbito/Est. de Calidad	Alta	Media	Baja
Capturas Información de peso Comp. de longitudes Desembarques Índices de abundancia Medidas de esfuerzo de pesca Variables biológicas Otros	<u>Serie de tiempo</u>: ✓ Más de 10 años. ✓ Sin vacíos de información o más del 50% de los datos son continuos. <u>Distribución espacial</u>: ✓ Todas las regiones de donde se extrae o las de mayor importancia. ✓ Información proveniente por puerto y/o procedencia.	<u>Serie de tiempo</u>: ✓ Entre 5 y 10 años. ✓ Con vacíos de información. ✓ Más del 50% de los datos son continuos. <u>Distribución espacial</u>: ✓ Más del 50% de las regiones de donde se extrae o al menos una de mayor importancia. ✓ Información proveniente por puerto y/o procedencia.	<u>Serie de tiempo</u>: ✓ Menos de 5 años. ✓ Con vacíos de información. ✓ Menos del 50% de los datos son continuos. <u>Distribución espacial</u>: ✓ Menos del 50% de las regiones de donde se extrae y ninguna es de importancia. ✓ No existe información por puerto o procedencia.
Parámetros biológicos	<u>Tipo de Información</u>: ✓ Existen parámetros de historia de vida, como: Talla asintótica (L_{00}), tasa de crecimiento (k), mortalidad natural (M) y talla de madurez (L50% y L95%).	<u>Tipo de Información</u>: ✓ Existen sólo ciertos parámetros de historia de vida.	<u>Tipo de Información</u>: ✓ No existen parámetros de historia de vida.

La clasificación de la calidad de los datos se basó en la mejor información disponible de cada recurso, la cual se detalla en la **Tabla 29**. En esta, se específica para cada ámbito y recurso los insumos necesarios para realizar la categorización según lo requerido en el estándar de calidad que se detalló en la **Tabla 26**, es decir: series de tiempo, n° de años totales, Región de donde provienen los datos y si esta se encuentra además por puerto y/o procedencia. De manera complementaria, para los ámbitos de información de peso, composiciones de longitudes y variables biológicas se informó si provenían de los desembarques o de las capturas. En cambio, para los ámbitos de índices de abundancia, medidas de esfuerzo, variables biológicas u otros se agregó la unidad de media (e.g. kg/trampa, n°ind/trampa, n° de embarcaciones, etc).

En términos generales, se destaca que los recursos centolla y centollón fueron los que presentaron los mayores niveles de calidad de sus datos en comparación con los otros recursos analizados (**Tabla 27**). La mayoría de estos datos son provenientes de la Región de Magallanes, una de las zonas de mayor importancia en estas pesquerías en términos de extracción. Por otro lado, las jaibas disponen de una calidad entre “media” y “baja” en la mayoría de los ámbitos considerados, siendo aún más crítico para el recurso jaiba limón, dado que la información es escasa y poco continua en el levantamiento del dato, además una proporción significativa de estas provienen de localidades poco representativas para la pesquería, como es el caso de la Región de Los Lagos. La jaiba marmola en cambio, presentó un estándar de calidad considerado como “medio”, ya que las series de tiempo son más extensas (mayores a 5 años), con más continuidad, y la mayoría provienen de una de las regiones de mayor importancia para la pesquería, la Región de Los Lagos.

Se enfatiza que la categorización obtenida respecto a las capturas y los desembarques se sustentan explícitamente al estándar de calidad establecido en este estudio, el cual está condicionado únicamente para la estimación de PBR (***Tabla 26***).

Tabla 27. Clasificación de la calidad de los datos (ámbitos) por recurso.

Ámbito/Especie	**Centolla** (Los Ríos-Magallanes)	**Centollón** (Aysén-Magallanes)	**Jaiba limón** (Valparaíso-Biobío)	**Jaiba marmola** (Biobío-Aysén)
Capturas	alta	alta	baja	baja
Información de peso	baja	alta	baja	media
Composiciones de longitudes	alta	alta	baja	alta
Desembarques	alta	alta	alta	alta
Índices de abundancia	alta	alta	baja	media
Medidas de esfuerzo de pesca	alta	media	baja	media
Parámetros biológicos	alta	alta	media	alta
Variables biológicas	alta	alta	baja	media
Otros	alta	baja	s/i	alta

Modelos de evaluación

La selección de los modelos de evaluación para cada recurso fue realizada a partir de la calidad de los datos detallada con anterioridad (**Tabla 27**) y las categorías establecidas en la **Tabla 4**. Para realizar una correcta categorización, se consideraron sólo los datos de mayor calidad por recurso, y una vez identificados, se procedió a relacionar que modelos eran factibles de implementar con aquellos datos. Los resultados obtenidos se especifican en la **Tabla 28**, donde se destaca que:

- Centolla: Clasificado en "Categoría A", dado que los datos (ámbitos) analizados se encuentran en una alta calidad, a excepción de la información de peso que se determinó como baja producto del escaso número de años disponibles. Sin embargo, en consideración que este ámbito no es una limitante para aplicar modelos más robustos, se determinó que para este recurso es posible implementar modelos estadísticos integrado en edad/talla.

- Centollón: Clasificado en "Categoría B", tomando en cuenta que la mayoría de los datos (ámbitos) presentan una calidad alta, excluyendo las medidas de esfuerzo de pesca que fue catalogada como calidad media por la poca continuidad de los datos disponibles (o vacíos de información). Consecuente con ello, se identificó que los modelos de equilibrio basados en composiciones de longitudes son los factibles de implementar para este recurso, ya que no requieren datos de esfuerzo de pesca.

- Jaiba limón: Clasificado en "Categoría D", considerando que el único dato con un estándar de alta calidad es el desembarque, dado que tiene una serie de tiempo prolongada para todas las regiones donde se concentra la pesquería, con datos continuos, y diferenciada por puerto. Es por ello, que es idóneo implementar modelos de excedentes productivos basados sólo en datos de capturas y/o desembarques.

- Jaiba marmola: Clasificado en "Categoría B", ya que los datos de mayor calidad de este recurso se reportan en los ámbitos de composiciones de longitudes y parámetros biológicos, los cuales son insumos de mayor importancia en los modelos de equilibrio basados en composiciones de longitudes.

Tabla 28. Categoría de modelos de evaluación a implementar por recurso.

Especie	Cobertura geográfica	Categoría
Centolla	Los Ríos-Magallanes	A: Modelos estadísticos integrado en edad/talla (e.g. SS3, Casal, SCA, Mestock, LBA, GMACS, SSCMSA).
Centollón	Aysén-Magallanes	B: Modelos de equilibrio basados en composiciones de longitudes (e.g. LBPA, LBSPR, LBB, LBI, LIME).
Jaiba limón	Valparaíso-Biobío	D: Modelos de excedentes productivos basados en capturas (e.g. CMSY, OCOM).
Jaiba marmola	Biobío-Aysén	B: Modelos de equilibrio basados en composiciones de longitudes (e.g. LBPA, LBSPR, LBB, LBI, LIME).

Tabla 29. Datos (ámbitos) disponibles por recurso para la implementación de modelos de evaluación.

Ámbito/Especie	**Centolla** (Los Ríos-Magallanes)	**Centollón** (Aysén-Magallanes)	**Jaiba limón** (Valparaíso-Biobío)	**Jaiba marmola** (Biobío-Aysén)
Capturas	**Serie de tiempo**: 2007-2019 **N° años totales**: 12 **Región**: Magallanes **D. Espacial**: Por procedencia	**Serie de tiempo**: 2007-2019 **N° años totales**: 12 **Región**: Magallanes **D. Espacial**: Por procedencia	**Serie de tiempo**: 2009-2012 **N° años totales**: 4 **Región**: Biobío **D. espacial**: Por procedencia	**Serie de tiempo**: 2003 **N° años totales**: 1 **Región**: Magallanes **D. espacial**: Por procedencia
Información de peso	**Serie de tiempo**: 1998-2019 **N° años totales**: 4 **Región**: Magallanes **D. Espacial**: Por puerto **Origen:** De los desembarques	**Serie de tiempo**: 2007-2018 **N° años totales**: 11 **Región**: Magallanes **D. espacial**: Por procedencia **Origen**: De los desembarques	**Serie de tiempo**: 1981-2004 **N° años totales**: 4 **Región**: Los Lagos **D. espacial**: s/i **Origen:** De las Capturas	**Serie de tiempo**: 1998-2005 **N° años totales**: 8 **Región**: Aysén y Los Lagos **D. espacial**: Por puerto **Origen:** De los desembarques
Comp. de longitudes	**Serie de tiempo**: 1981-2017 **N° años totales**: 36 **Región**: Magallanes, Aysén y Los Lagos **D. espacial**: Por procedencia **Origen:** De los desembarques	**Serie de tiempo**: 2003-2019 **N° años totales**: 14 **Región**: Magallanes **D. espacial**: Por puerto **Origen:**De los desembarques	**Serie de tiempo**: 2013-2016 **N° años totales**: 4 **Región**: Los Lagos **D. espacial**: Por procedencia **Origen:** De las capturas	**Serie de tiempo**: 2001-2019 **N° años totales**: 18 **Región**: Aysén y Los Lagos **D. espacial**: Por puerto **Origen:** De los desembarques
Desembarques	**Serie de tiempo**: 1990-2020 **N° años totales**: 30 **Región:** Biobío, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes **D. espacial**: Por puerto	**Serie de tiempo**: 1990-2020 **N° años totales**: 30 **Región:** Aysén y Magallanes **D. espacial**: Por puerto	**Serie de tiempo**: 1995-2020 **N° años totales**: 25 **Región:** Valparaíso, O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, Los Lagos y Aysén **D. espacial**: Por puerto	**Serie de tiempo**: 1995-2020 **N° años totales**: 25 **Región:** Valparaíso, Maule, Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén y Magallanes **D. espacial**: Por puerto
Índices de abundancia	**Serie de tiempo**: 2000-2016 **N° años totales**: 16 **Región**: Magallanes y Los Lagos **D. Espacial**: Por procedencia y puerto **Unidad**: kg/trampa y Kg/hora de buceo	**Serie de tiempo**: 1981-2019 **N° años totales**: 20 **Región**: Magallanes **D. Espacial**: Por procedencia **Unidad**: n°ind/trampa	**Serie de tiempo**: 1981-1982 **N° años totales**: 2 **Región**: Valparaíso **D. espacial**: s/i **Unidad**: n°ind/trampa	**Serie de tiempo**: 2002-2016 **N° años totales**: 9 **Región**: Los Lagos **D. espacial**: s/i **Unidad**: kg/trampa

Continuación **Tabla 29**.

Ámbito/Especie	**Centolla** (Los Ríos-Magallanes)	**Centollón** (Aysén-Magallanes)	**Jaiba limón** (Valparaíso-Biobío)	**Jaiba marmola** (Biobío-Aysén)
Medidas de esfuerzo de pesca	**Serie de tiempo**: 2007-2018 **N° años totales**: 11 **Región**: Magallanes **D. Espacial**: Por puerto y procedencia **Unidad**: n° de viajes	**Serie de tiempo**: 2002-2019 **N° años totales**: 10 **Región**: Magallanes **D. espacial**: Por puerto **Unidad**: n° de embarcaciones	**Serie de tiempo**: 2018-2019 **N° años totales**: 2 **Región**: Los Lagos **D. espacial**: s/i **Unidad:** días de pesca	**Serie de tiempo**: 2006-2011 **N° años totales**: 5 **Región**: Los Lagos **D. espacial**: Por puerto **Unidad:** prof de trampas; n° de embarcaciones; n°trampas y n° viajes
Parámetros biológicos	Talla asintótica (L_{00}) Tasa de crecimiento (k) La edad cuando la talla teórica es cero (t_0) Talla crítica (Tc) Mortalidad natural (M) Proporción de madurez a la talla	Talla asintótica (L_{00}) Tasa de crecimiento (k) La edad cuando la talla teórica es cero (t_0) Proporción de madurez a la talla	Talla asintótica (L_{00}) Tasa de crecimiento (k) La edad cuando la talla teórica es cero (t_0) Talla promedio del primer grupo de edad explotable (L_0) Mortalidad natural (M) Madurez sexual	Talla asintótica (L_{00}) Tasa de crecimiento (k) La edad cuando la talla teórica es cero (t_0) Talla crítica (Tc) talla promedio del primer grupo de edad explotable (L_0) Mortalidad natural (M) Proporción de madurez a la talla
Variables biológicas	**Serie de tiempo**: 2008-2019 **N° años totales**: 10 **Región:** Magallanes **D. espacial**: Por puerto **Unidad:** Talla/peso **Origen:** De los Desembarques	**Serie de tiempo**: 2007-2019 **N° años totales**: 12 **Región:** Magallanes **D. espacial**: s/i **Unidad:** Talla/peso **Origen:** De los Desembarques	**Serie de tiempo**: 2013-2016 **N° años totales**: 4 **Región:** Valparaíso **D. espacial**: Por puerto **Unidad:** Talla/peso **Origen:** De las capturas	**Serie de tiempo**: 2004-2012 **N° años totales**: 8 **Región:** Biobío **D. espacial**: s/i **Unidad:** Talla/peso **Origen:** De las capturas
Otros	**Serie de tiempo**: 1961-2015 **N° años totales**: 54 **Región:** Magallanes **D. espacial**: s/i **Variable:** Mortalidad por pesca	**Serie de tiempo**: 2003 **N° años totales**: 1 **Región:** Magallanes **D. espacial**: Por procedencia **Variable:** Mortalidad por pesca	**Serie de tiempo**: s/i **N° años totales**: s/i **Región:** s/i **D. espacial**: s/i **Variable:** s/i	**Serie de tiempo**: 1970-2014 **N° años totales**: 44 **Región:** Los Lagos **D. espacial**: s/i **Variable:** Mortalidad por pesca; biomasa desovante y biomasa explotable

5.3. Objetivo específico 3: Determinar para cada pesquería los indicadores correspondientes a nivel RMS.

5.3.1 Adecuación con los planes de manejo en desarrollo

La revisión de los espacios de co-gestión que incluyen a las especies bajo análisis en su ámbito de trabajo dan cuenta de que existen tres Comités de Manejo (CM) que incluyen una o más de las especies que este proyecto aborda. Específicamente, el Comité de Manejo de la pesquería de crustáceos bentónicos de la Región de Los Lagos (CMLL) incluye como especies objetivo a la jaiba marmola y a la centolla (R. Ex. 1549, 2020) al igual que el Comité de Manejo de jaibas y centollas de la Región de Aysén (CMA) (R. Ex. 184, 2019). En tanto, el Comité de Manejo de Centolla y Centollón de la Región de Magallanes (CMM) incluye, tal como su nombre lo define, a las especies centolla y centollón como especies objeto para efectos de generar recomendaciones de gestión (R. Ex. 93, 2021). En ninguno de los casos revisados se cuenta con un Plan de Manejo aprobado (**Tabla 30**). Sin embargo, para algunas especies hay niveles de discusión más avanzada que dan cuenta de algunos elementos que podrían aportar en la generación de objetivos operacionales. Cabe señalar que, actualmente no existen marcos de co-gestión que aborden el manejo de la pesquería de jaiba limón, por tanto, tampoco se cuenta con objetivos operativos establecidos o en estado discusión para esta pesquería (**Tabla 30**).

Tabla 30. Comités de Manejo que consideran a las especies bajo análisis en su ámbito de gestión y resumen de los avances en materia de definición de objetivos operacionales a nivel de PM u objetivos no aprobados analizados en el marco de las discusiones del CM (Fuente: elaborado con información del repositorio web de CM que administra la SSPA (SSPA. s.f.)).

Especie	Comité de Manejo (CM)	Alcance del CM (Áreas de Libre Acceso)	Objetivos no aprobados
Jaiba marmola	CM de la pesquería de crustáceos bentónicos de la Región de Los Lagos.	Región de Los Lagos.	Si
	CM de Jaibas y Centollas de la Región de Aysén.	Región de Aysén.	No
Centolla	CM de la pesquería de crustáceos bentónicos de la Región de Los Lagos	Región de Los Lagos.	Si
	CM de Jaibas y Centollas de la Región de Aysén.	Región de Aysén.	No
	CM de Centolla y Centollón de la Región de Magallanes.	Región de Magallanes.	No
Centollón	CM de Centolla y Centollón de la Región de Magallanes.	Región de Magallanes.	No
Jaiba limón	No hay CM asociado.	No aplica.	No

a) Jaiba marmola (Metacarcinus edwarsii)

Comité de manejo de la pesquería de crustáceos bentónicos de la Región de Los Lagos (CMLL): El proceso de revisión da cuenta de un PM borrador que incluye un objetivo operativo asociado a indicadores y Puntos Biológicos de Referencia (PBR), este ha sido desarrollado en el marco de trabajo del CMLL. Específicamente, se plantea como objetivo "Alcanzar y mantener una biomasa desovante coincidente con el 40% de la biomasa virginal (B0) al año 2026". Para medir el cumplimiento de este objetivo se han propuesto dos indicadores, la CPUE y la proporción de megadesovantes (Ecos, 2021). A su vez, se han estimado los niveles a los cuales estos indicadores son coincidentes con RMS utilizando el modelo LBPA (**Tabla 31**).

Tabla 31. Puntos de referencias operacionales para la pesquería de jaiba marmola en la Región de Los Lagos (Canales *et al*., 2020).

Variable	Ancud	Dalcahue
CPUE (kg/tr)	10,2	11,1
Proporción de megadesovantes	0,14	0,14

Comité de Manejo de Jaibas y Centollas de la Región de Aysén (CMA): Se han discutido objetivos generales para la pesquería de jaiba marmola y algunas medidas para poder alcanzarlos (Acta CMA Nº8, 2021). Sin embargo, estos objetivos aún no han sido asociados a un indicador, pero se consideran relevantes de mencionar ya que a partir de ellos se podrían generar algunas recomendaciones como fruto del desarrollo del presente proyecto. En específico los objetivos delineados en el trabajo del CMA son:

- Objetivo específico 1: Generar y mantener datos e información biológica pesquera de las pesquerías de jaiba y centolla de la Región de Aysén.
- Objetivo específico 2: Evitar la mortalidad de crustáceos por el efecto de la pesca fantasma (mediano plazo).
- Objetivo específico 3: Evitar la sobreexplotación de los recursos jaiba y centolla de la Región de Aysén.
- Objetivo específico 4: Proteger el proceso reproductivo de los crustáceos de Aysén a partir de la mejor información científica disponible.

b) Centolla (Lithodes santolla)

Comité de manejo de la pesquería de crustáceos bentónicos de la Región de Los Lagos (CMLL): Para el caso de esta especie, se ha definido como objetivo "Mantener rendimientos de pesca" y se han definido puntos de referencia para el indicador de CPUE en base al conocimiento ecológico tradicional que reúnen los representantes de la pesca de centolla del CM. Estos puntos de referencia son 0,3 kg/trampa (punto de referencia límite) y 1 kg/trampa (punto de referencia objetivo) (Acta CMLL N°8, 2017). Estos niveles de referencia aún no han sido contrastados con PBR estimados a partir de procesos de modelación, de modo que no es posible determinar si el punto de referencia objetivo, definido en el CMLL, es consistente con un nivel de RMS.

Comité de Manejo de Jaibas y Centollas de la Región de Aysén (CMA): Para el caso de la centolla, en este CM se han establecido los mismos objetivos generales que fueron descritos previamente para jaiba marmola (Acta CMA Nº8, 2021).

Comité de Manejo de Centolla y Centollón de la Región de Magallanes: En este caso, las actas sólo dan cuenta de la existencia de metas amplias como "Asegurar la sustentabilidad biológica de la pesquería" y "Erradicar la pesca ilegal de centolla y centollón, que tienda a cero" (Acta CMM N°7, 2021). En este caso no se cuenta con muchos elementos a considerar para guiar la selección de indicadores, sin embargo, el presente proyecto buscó generar recomendaciones para abordar la meta de sustentabilidad biológica a partir del desarrollo del manejo en pesquerías similares.

c) Centollón (Paralomis granulosa)

Comité de Manejo de Centolla y Centollón de la Región de Magallanes: Para el caso del centollón, se han trazado las mismas metas amplias que fueron definidas para la pesquería de la centolla (Acta CMM N°7, 2021).

d) Jaiba limón (Cancer porteri)

No se cuenta con un CM que aborde la gestión de la pesquería de jaiba limón y tampoco hay referencias acerca de un objetivo operacional trazado para esta especie.

5.3.2 Coordinación y preparación de talleres

Antes de la realización de los talleres de trabajo, tal como fue acordado con la SSPA, en las sesiones extraordinarias de los Comité de Manejo se realizó una presentación general del proyecto y se explicó el propósito de los talleres a realizar (**Anexo 10**). Posteriormente, se coordinaron las fechas de realización de la actividad con la Unidad de Crustáceos Bentónicos de la SSPA y los integrantes de cada comité. Se destaca que finalmente se realizaron 3 talleres: (i) con informantes claves en aquellas pesquerías que aún no cuentan con estructuras de co-manejo, (ii) CM de la pesquería de crustáceos bentónicos de la Región de Los Lagos y profesionales de la SSPA, y (iii) CM de centolla y centollón de la Región de Magallanes. Las actividades realizadas se detallan en la **Tabla 32** y las fotografías de estas se presentan en la **Figura 12**.

Respecto al taller con el CM de centolla y centollón de la Región de Magallanes, la primera fecha programada (septiembre) fue postergada a solicitud de la Dirección Zonal de Pesca para poder aclarar dudas sobre el alcance del proyecto y el objetivo de la actividad, las cuales fueron respondidas mediante una reunión. El taller fue realizado finalmente el 11 de octubre, sin embargo, no se pudieron obtener resultados producto de la baja asistencia (3 personas) y el desconocimiento que manifestaron respecto al rendimiento en las faenas de pesca. Posteriormente, se envió un cuestionario para quienes no pudieron asistir con el fin de obtener algún tipo de información (**Anexo 11**), sin embargo, no se obtuvo ningún tipo de respuesta.

Tabla 32. Actividades de trabajo realizadas con las partes interesadas de las pesquerías bajo análisis.

Unidad de evaluación	Participantes	Recurso
San Antonio y Valparaíso	Informantes claves	Jaiba limón
Región de Los Lagos	Comité de Manejo de la pesquería de crustáceos bentónicos de la Región de Los Lagos	Jaiba marmola Centolla
Región de Magallanes	Comité de Manejo de centolla y centollón de la Región de Magallanes	Centolla Centollón

Figura 12.Fotografías del taller de jaiba limón realizado en San Antonio con informantes claves.

5.3.3 Puntos de Referencia Empíricos (PRE)

Se destaca que, para el desarrollo del indicador basado en tallas (porcentaje de mega-desovantes en los desembarques) los pescadores establecen, en primera instancia, una talla que puedan reconocer como individuos grandes, las cuales en la **Tabla 33** se indican por recurso y localidad. Es importante hacer notar el carácter subjetivo que implica referirse a una talla de individuos grandes cuando lo que se busca es su correlato con los mega-desovantes. En este sentido, es relevante aclarar que la definición de "individuos grandes" se utilizó como proxi de los individuos de la población que son mega-desovantes obtenidos en las capturas comerciales (desembarques) y se les denomina mega-desovantes para efectos prácticos. Sin embargo, como fue explicado en la teoría respecto a la Razón del Potencial de Desove (LB-SPR), es posible estimar un estatus referido a la proporción de cualquier cohorte (o pseudocohorte) en la población.

Tabla 33. Tallas definidas como mega-desovantes.

Talla mega-desovantes		
Jaiba limón (Valparaíso)	Jaiba marmola (Los Lagos)	Centolla (Los Lagos)
Desde los 15 cm (AC)	Desde los 14 cm (AC)	Desde los 13 cm (LC); mar interior Desde los 12 cm (LC); mar exterior

<u>Jaiba limón (San Antonio, Región de Valparaíso)</u>

El análisis de los Puntos de Referencia Empíricos de jaiba limón reveló que los pescadores tienen rendimientos de pesca fluctuantes, que en promedio estarían en torno a 8 kg/trampa, sin embargo, en algunas faenas de pesca llegan a obtener más de 20 kg/trampa (**Tabla 34** y **Tabla *35***). Por otro lado, llama la atención que los pescadores manifiestan que no existe diferencia entre los rendimientos actuales y aquellos que obtenían en un inicio de la pesquería, siendo estos de 8,3 Kg/trampa. Sin embargo, la expectativa de la pesquería reflejada en la CPUE objetivo, es mayor a la CPUE inicial, lo que podría no estar referido a una mejora en el indicador de abundancia, sino en la probabilidad de tener mejores capturas.

Respecto al porcentaje de mega-desovantes, los pescadores indicaron que en promedio un 20% está por sobre los 15 cm, mientras que el 80% restante está por sobre los 13 cm, y esta proporción se mantiene constante en todos los escenarios planteados. Cabe destacar que, esta proporción

varía dependiendo de las zonas de pesca y cuando aparecen una mayor proporción de individuos de menores tallas es porque corresponden mayoritariamente a hembras y, por lo tanto, se movilizan en busca de zonas donde se encuentren los machos (de tallas mayores). Esta situación da cuenta del alto grado de zonificación entre sexos.

Lo anterior, sumado a que manifiestan que la estructura de tallas ha permanecido constante desde el inicio de la pesquería, sin que dejen de aparecer tallas de gran tamaño, implica que no se han percibido cambios en la proporción de mega-desovantes. En este sentido se explícita que el éxito de las faenas de pesca está solamente condicionado a los rendimientos de pesca.

Jaiba marmola (Dalcahue y Bahía de Ancud, Región de Los Lagos)

En cuanto a los Puntos de Referencia Empíricos de jaiba marmola es importante mencionar que estos aplican al mar interior cercano a Dalcahue y en la Bahía de Ancud, ya que los pescadores participantes realizan sus faenas de pesca en estas zonas (**Tabla 34** y **Tabla 35**).

Los pescadores manifestaron que sus rendimientos actuales eran de 6 kg/trampa y que las proporciones de los mega-desovantes varían desde un 35% en invierno a un 20% en verano. En el escenario de una condición objetivo, el rendimiento deseado fue de 7 kg/trampa con un porcentaje de mega-desovantes de 40% en invierno y 30% verano. Las diferencias fueron mayores para el caso del escenario límite, obteniendo un rendimiento de 3,3 kg/trampa y un porcentaje de mega-desovantes menor al 3%, los pescadores manifestaron que en este escenario solo podrían costear los gastos de la faena.

Es particularmente interesante los valores entregados para el escenario inicial, ya que hacen referencia a diferencias muy notorias respecto a las capturas actuales. En este caso, los pescadores manifestaron que los rendimientos en una condición incipiente de la pesquería estaban en torno a los 15 kg/trampa, con un gran porcentaje de mega-desovantes (sobre el 70% de las capturas), manifestando además que era habitual encontrar tallas aún mayores que hoy en día es muy difícil que aparezcan en las capturas.

Centolla (Región de Los Lagos)

Para el caso de la centolla es importante destacar que, los pescadores participantes sólo hacen referencia a las capturas que se realizan en el mar exterior de la Región de Los Lagos y no al mar interior de Chiloé. En este caso la identificación de Puntos de Referencia Empíricos (**Tabla 34** y **Tabla 35**), estuvo marcada, en el escenario límite, por un rendimiento de pesca de 2,5 kg/trampa. Mientras que para el escenario actual y objetivo estiman un mismo valor de 7,5 kg /trampa.

Respecto del porcentaje de mega-desovantes ocurre una situación similar a la descrita para jaiba limón, no siendo reconocido como un indicador que haya cambiado en el transcurso de la historia de la pesquería, considerando que para centolla del mar exterior existe una estabilidad de las capturas de ejemplares entre 10,5 y 12,5 cm.

Tabla 34. Puntos de Referencia Empíricos basados en rendimientos de pesca (CPUE) establecidos en los talleres para los escenarios: temporada de pesca año 2021 (CPUE 2021), rendimiento deseado (CPUE objetivo), rendimiento límite (CPUE límite) y rendimiento al inicio de la pesquería (CPUE inicial).

Punto de Referencia Empíricos (PRE)	**Valores empíricos (Kg x trampa)**		
	Jaiba limón (Valparaíso)	**Jaiba marmola (Los Lagos)**	**Centolla (Los Lagos)**
CPUE (2021)	8,3	6	7,5
CPUE (objetivo)	10	7	7,5
CPUE (límite)	3,3	2,5	2,5
CPUE (inicial)	8,3	15	No definido.

Tabla 35. Puntos de Referencia Empíricos basados en el porcentaje de mega-desovantes (%MD) establecidos en los talleres para los escenarios: temporada de pesca año 2021 (% MD 2021), porcentaje deseado (% MD objetivo), porcentaje límite (% MD límite) y porcentaje al inicio de la pesquería (% MD inicial).

Puntos de Referencia Empíricos (PRE)	**Valores empíricos (% MD)**		
	Jaiba limón (Valparaíso)	**Jaiba marmola (Los Lagos)**	**Centolla (Los Lagos)**
% MD (2021)	No se aprecia diferencias en la estructura de tallas.	35% en invierno 20% en verano	No se aprecia diferencias en la estructura de tallas.
% MD (objetivo)		40% en invierno 30% en verano	
% MD (límite)		3% en cualquier periodo	
% MD (inicial)		70% en cualquier periodo	

5.3.4 Valorización de estrategias de manejo aplicables

En los talleres de trabajo, se analizó un set de medidas de manejo que podrían ser aplicables para el establecimiento de una RCC en función a su factibilidad de implementación y viabilidad de cumplimiento. No obstante, tanto en el trabajo desarrollado en el Comité de Manejo de la Región de Los Lagos como en el taller con informantes claves de la pesquería de jaiba limón, los pescadores se mostraron renuentes a desarrollar esta parte del taller, mencionando que existen condiciones previas que deben ser analizadas y modificadas para avanzar en medidas de restricción.

En el caso de los pescadores de jaiba marmola y centolla de la Región de Los Lagos hubo un consenso amplio en que estas medidas de restricción deben ser discutidas luego que la administración (SSPA) avance en un proceso de ajuste del esfuerzo pesquero, ya que el número de embarcaciones que opera actualmente es marginal respecto al número de embarcaciones inscritas en la pesquería, por lo que cualquier medida orientada a la restricción de las capturas (cuotas) podría tener un significativo efecto socioeconómico en los pescadores históricos, mientras que regulaciones orientadas a controlar el esfuerzo (número de trampas o viajes de pesca) podrían no tener el efecto deseado de disminuir el esfuerzo ya que podrían entrar fácilmente más embarcaciones a la pesquería.

Por otro lado, los pescadores de jaiba limón de San Antonio, les fue complejo situarse en una condición de sobreexplotación debido a que el esfuerzo que realizan lo consideran muy bajo y no han observado cambios relevantes en los atributos de la pesquería (rendimientos y tallas). No obstante, se mostraron más cercanos a la implementación de una cuota global de captura repartida por embarcaciones frente al caso hipotético de un incremento abrupto del esfuerzo que provoque un deterioro de la población.

<u>Actividad adicional: Aceptación de nuevas medidas de manejo por parte de los pescadores</u>

A fin de generar un enfoque metodológico para la definición de medidas que puedan tener una mayor aceptación por parte de los pescadores, se probó una estrategia de encuestas en la pesquería de jaiba marmola de la Región de Los Lagos. Un set de cinco medidas de manejo fue consultado usando un cuestionario dirigido a los armadores de jaiba marmola mediante el enfoque de juegos de oferta. Este set de medidas fue obtenido a partir de un análisis previo de medidas aplicables (ECOS, 2020) (**Figura 13**). El cuestionario fue aplicado a 38 armadores, equivalente al 78% del número promedio de armadores activos registrados entre los años 2017 - 2020 para la Región de Los Lagos (**Tabla 36**).

Tabla 36. Número de armadores activos que reportaron capturas iguales o superiores a una tonelada por año en la Región de Los Lagos (Fuente: Elaboración propia en base a información de declaraciones de captura artesanal proporcionadas mediante el sistema de transparencia del SNPA).

Año	Armadores activos
2017	52
2018	56
2019	49
2020	38
Promedio	**49**
D. estándar	**8**

Los resultados muestran diferencias significativas en los precios de venta que los armadores fijaron a cambio de incorporar distintas medidas de manejo (H = 21,41; df = 4; p < 0,001). Todas las medidas alcanzaron un precio mayor al valor de referencia de $400 (proporción = 1), donde no se consideran medidas de manejo accesorias. El precio de venta para aceptar la adopción de medidas orientadas a limitar las capturas o el esfuerzo (disminución 30% de las capturas, del 30% de las trampas y veda de un mes en verano) fueron significativamente mayores al precio de venta relacionado con aceptar cambios en las prácticas pesqueras como la modificación del arte mediante la incorporación de tres ventanas de escape en cada trampa (p < 0,05). El precio de venta asociado a la veda de 3 meses en invierno no presentó diferencias significativas con el resto de las medidas, el análisis gráfico indica que esta última medida estaría entre la incorporación de ventanas de escape y el resto de las medidas analizadas (**Figura 13**).

En términos de la factibilidad de implementación de cada una de estas medidas, los armadores consideran que es altamente factible la implementación de ventanas de escape (Calificación = 5,6). Sin embargo, para el resto de las medidas los promedios de calificación fueron visiblemente menores y variaron entre 4,1 y 4,4 (**Figura 14**).

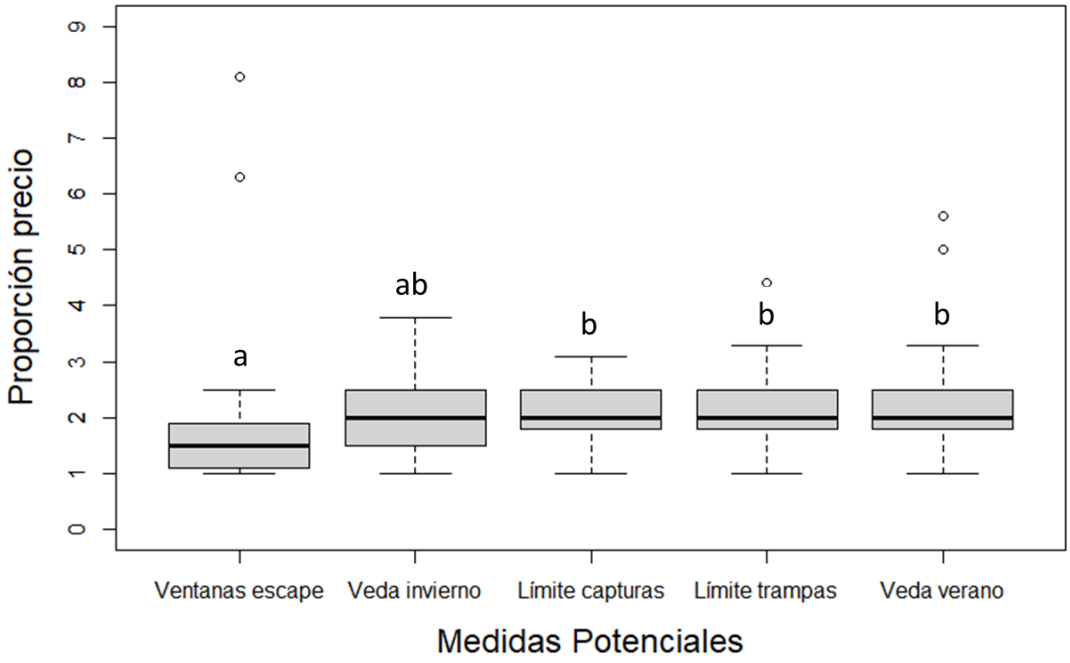


Figura 13. Proporción de precios de venta respecto del precio de referencia actual ($400 por kilo). Valores proporcionados por los armadores a cambio de aceptar la adopción de diferentes medidas de manejo. Las letras sobre cada serie muestran las medidas que presentaron diferencias significativas mediante la prueba de Dunn. Ventanas de escape (3 ventanas de escape de 7 cm de diámetro por trampa); veda invierno (junio - agosto); límite de captura (30% menos de los actual); límite de trampas (30% menos de lo actual); veda verano (febrero-marzo).

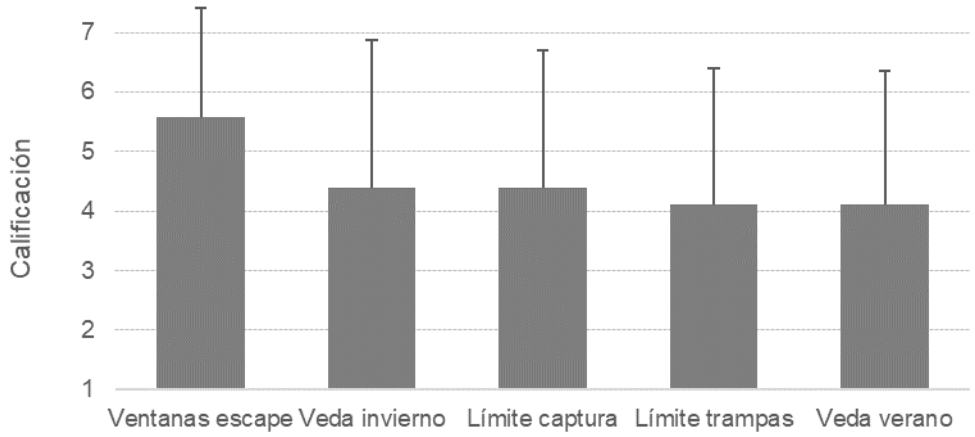


Figura 14. Calificación promedio de medidas de manejo en base a su factibilidad de implementación en la pesquería de jaiba marmola (n=38 armadores). Escala de 1 a 7. Las barras de error representan la desviación estándar.

5.4. Determinar por recurso y pesquería los PBR e indicadores de estatus acorde a lo definido en la Ley General de Pesca y Acuicultura.

5.4.1 Puntos Biológicos de Referencia (PBR)

Mediante un Modelo de Equilibrio por Recluta, se estimó para cada recurso, el nivel de mortalidad por pesca (Frms) que en el largo plazo permite alcanzar el Máximo Rendimiento Sostenido manteniendo un cierto nivel de la biomasa parental como fracción de la biomasa virginal (Bratio=Bmsy/B0). Para fines de manejo, se estableció un rango de plena de explotación, el cual aplica cuando se alcanza el 95% del RMS. Con el objetivo de aplicar un enfoque más precautorio, dada las implicancias que puede generar este proyecto en el manejo de estas pesquerías, se consideró como valor de referencia al RMS; el límite inferior del nivel de mortalidad por pesca estimado (Frms_min), el cual permitirá cautelar un mayor porcentaje de la biomasa parental (Bratio_max).

Centolla: Los PBR obtenidos para las tres zonas analizadas de la Región de Magallanes bajo los distintos escenarios de steepness (h) y talla de madurez se muestran en la **Tabla 37**. Al respecto se indica que, para alcanzar el RMS considerando una talla fisiológica de 103.5 mm y un valor de h=0.75, se debe aplicar niveles de mortalidad por pesca de 0.40 para la zona centro y 0.49 para la zona sur, lo cual permitiría cautelar el 38% y 39% de la biomasa parental, respectivamente (**Figura *16*** y **Figura 17**). Para la zona norte de la Región no fue posible encontrar una solución viable, dado que la curva de rendimiento se hizo asintótica, imposibilitando la obtención del valor de mortalidad por pesca máximo (**Figura 15.b**). Esto implica que la zona norte, bajo estos supuestos de talla de madurez y steepness, puede aplicar altos niveles de mortalidad de pesca (F>5M). La explicación de aquello se debe principalmente a los parámetros de selectividad que se aplican para esta localidad, los cuales reflejan que la actividad extractiva se concentra sobre los individuos de mayor tamaño, dado que la talla al 50% de selectividad (122.26 mm) es levemente mayor a la zona centro (120.17mm) y a la zona sur (121.82 mm). Esta pequeña deferencia en la talla extractiva presenta importantes diferencias para la estimación de los PBR entre una zona y otra, pudiendo inferir que los parámetros de selectividad son un factor determinante para este tipo de estimaciones.

Si se compara los resultados anteriormente explicados, pero cambiando solo la talla de madurez a 110 mm (morfológica), en la zona norte es posible encontrar el valor de mortalidad por pesca máximo que permite alcanzar el RMS, el cual es de 0.42 para dejar un 37% biomasa desovante. La solución se encuentra dado que la talla de madurez es más alta y cercana a la talla de extracción, lo que se traduce a disminuir la mortalidad por pesca, dado que el recurso tiene menos

tiempo para aportar al stock y además el tamaño de la población desovante se reduce. Esto se ratifica con las otras zonas evaluadas, ya que los niveles de mortalidad por pesca de la zona centro (0.35) y zona sur (0.41) deberían disminuir aproximadamente un 12% y 16% respectivamente, para también cautelar el 37% de BD.

Se destaca que al evaluar un escenario de denso-independencia (h=1), no fue posible encontrar una solución viable para ninguna de las zonas analizadas, al igual como se explicó anteriormente, la curva de rendimiento se indefine no pudiendo determinar el valor máximo de F. Esto implica la posibilidad de aplicar altos niveles de mortalidad por pesca, sin embargo, tomando en cuenta la alta incertidumbre de la relación stock-recluta que se tiene para este recurso es riesgoso considerar este escenario para fines de manejo.

Al suponer una mayor relación stock-recluta (h=0.6) el recurso es menos resiliente, por lo tanto, la disminución de la mortalidad por pesca debe ser aún mayor a comparación de un cambio en la talla de madurez, aproximadamente entre un 35% y 38% en términos generales para las 3 zonas. A su vez, el porcentaje de escape de la biomasa parental también es mayor, dado que se cautela entre el 42% (con una talla morfológica) y 43% (con una talla fisiológica).

Independiente de los distintos supuestos de resiliencia y madurez del recurso, se destaca que en la zona centro de la región se debería aplicar menor esfuerzo a comparación de la zona norte y sur, solamente por presentar una talla de selectividad (L50) levemente inferior a las otras 2 zonas.

Tabla 37. Puntos Biológicos de Referencias estimados para el recurso centolla en la zona norte, centro y sur de la Región de Magallanes, bajo distintos escenarios de resiliencia y madurez.

		Talla fisiológica=103.5 mm (LC)			**Talla morfológica=110 mm (LC)**		
Steepness	**Indicadores**	**Norte**	**Centro**	**Sur**	**Norte**	**Centro**	**Sur**
h=0.6	**Bratio**	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.32
	Bratio_min	0.22	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22
	Bratio_max	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42
	Frms	0.51	0.40	0.49	0.42	0.34	0.40
	Frms_min	0.31	0.26	0.30	0.27	0.23	0.26
	Frms_max	0.90	0.62	0.85	0.65	0.49	0.63
h=0.75	**Bratio**	*Valor fuera de rango*	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26
	Bratio_min		0.21	0.26	0.21	0.17	0.21
	Bratio_max		0.38	0.39	0.37	0.37	0.37
	Frms		0.71	1.00	0.79	0.57	0.75
	Frms_min		0.40	0.49	0.42	0.35	0.41
	Frms_max		1.13	1.13	1.13	0.98	1.13

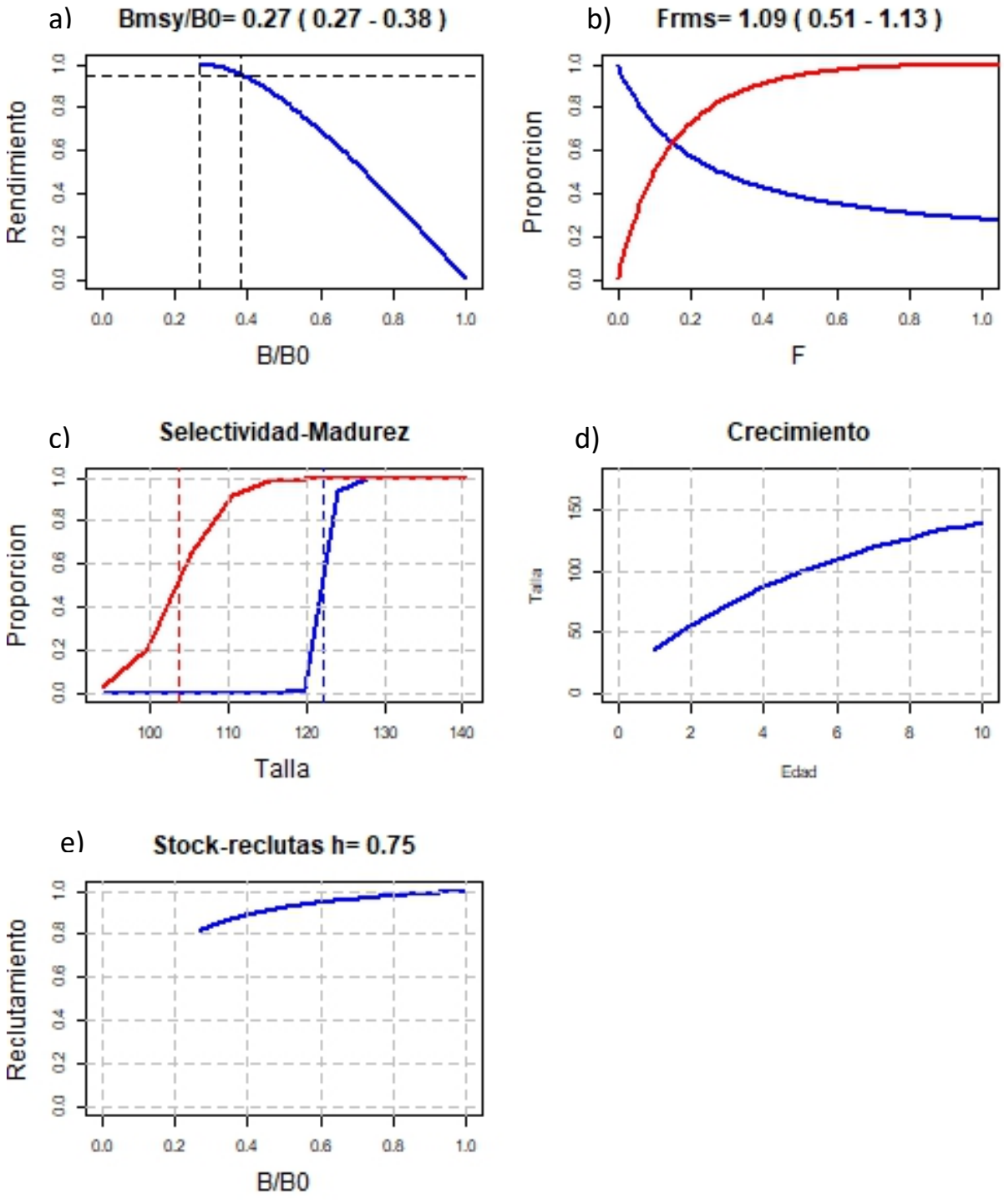


Figura 15. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centolla, Zona norte de la Región de Magallanes, talla fisiológica de 103.5 mm (LC).

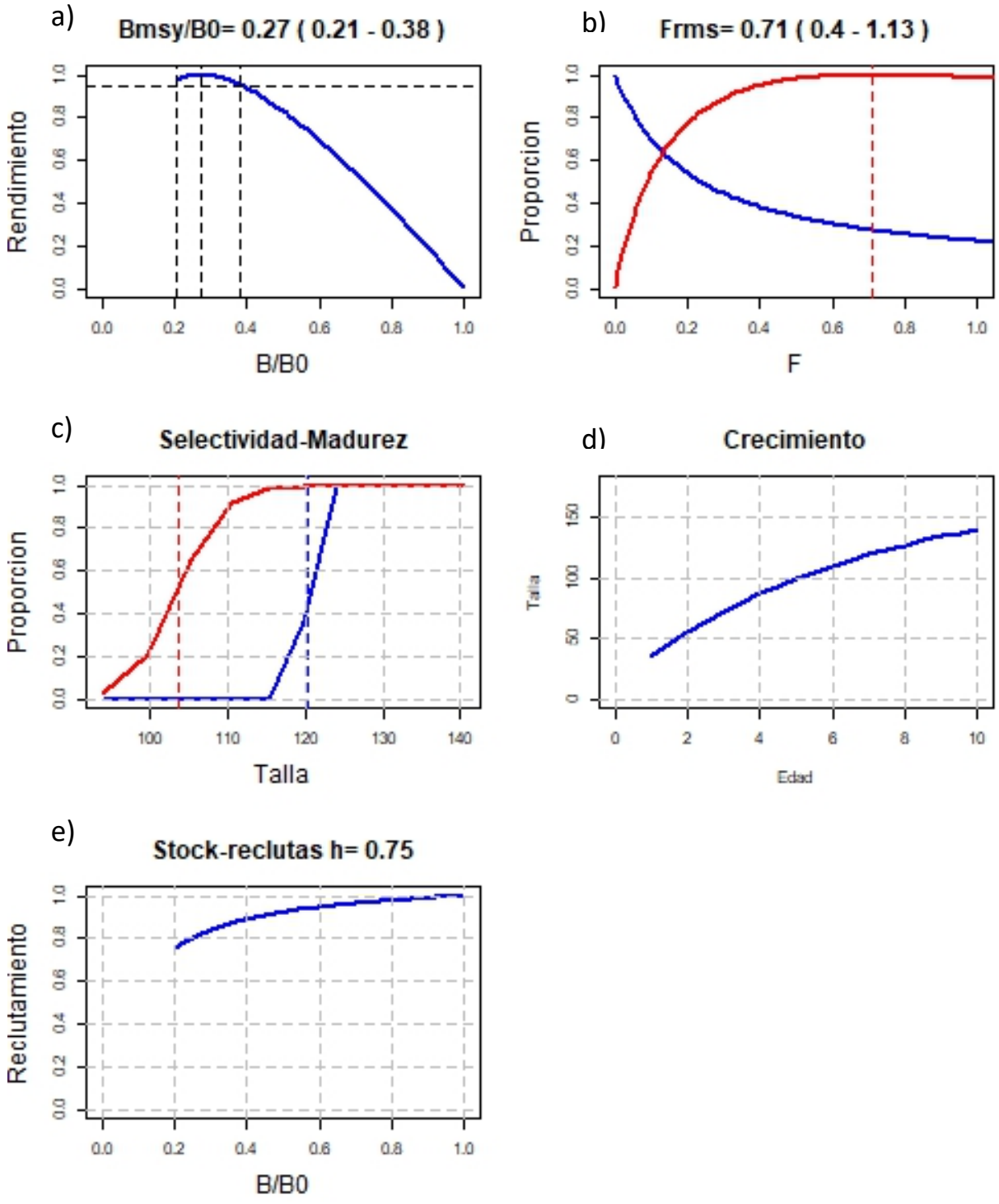


Figura 16. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centolla, Zona centro de la Región de Magallanes, talla fisiológica de 103.5 mm (LC).

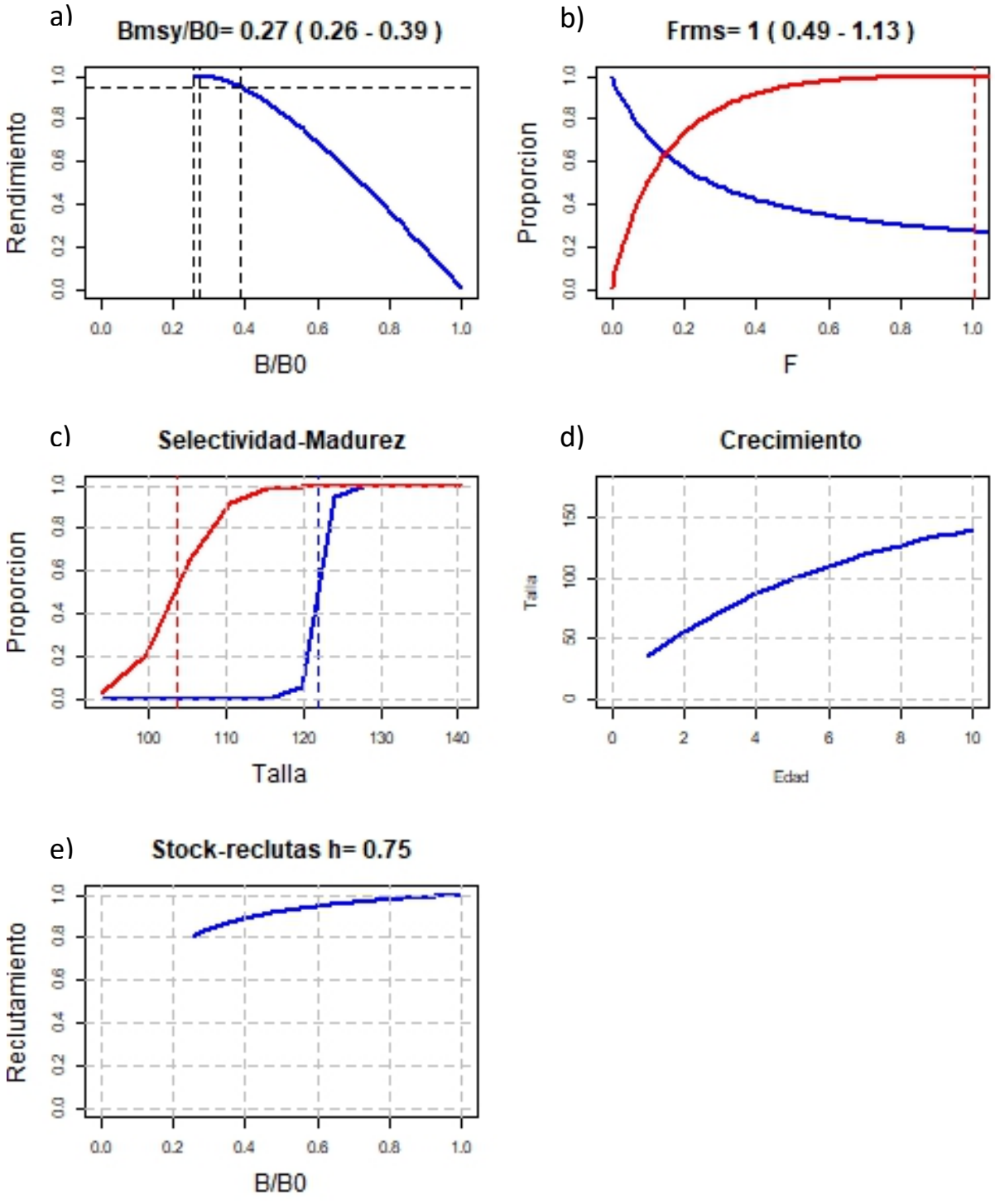


Figura 17. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centolla, Zona sur de la Región de Magallanes, talla fisiológica de 103.5 mm (LC).

Centollón: Los PBR obtenidos para la zona centro y sur de la Región de Magallanes bajo distintos escenarios de steepness (h) y talla de madurez se muestran en la **Tabla 38**. Los análisis realizados, contemplando una talla fisiológica de 50.5 mm y un valor de esteepness de 0.75, no logró encontrar solución para ninguna de las 2 zonas evaluadas, producto de la misma razón que se explicó anteriormente para la centolla (curva de rendimiento asintótica). La causa principal de aquello se debe a la significativa diferencia que existe entre la talla de madurez (50.5 mm) y la talla de extracción (78.9 mm zona centro y 82.6 zona sur), lo que permitiría aplicar altos niveles mortalidad por pesca, ya que el recurso tiene un tiempo considerable para aportar al stock antes de ser extraído. Cuando se supone una mayor relación entre parentales y reclutas (h=0.6), lo que conlleva siempre a bajar los niveles de mortalidad por pesca, la zona sur sigue sin encontrar el valor de mortalidad por pesca máximo, a diferencia de la zona centro que se determinó un valor de Frms de 0.33 para cautelar el 44% de la biomasa desovante. Esta diferencia entre zona se debe a que la zona sur tiene una talla de selectividad mayor a la zona centro.

Tomando en cuenta una talla morfológica de 57 mm se obtuvieron los PBR para cada zona y para los distintos escenarios de resiliencia. Sin embargo, consecuente con lo anteriormente señalado, la zona sur para alcanzar el RMS puede aplicar niveles de mortalidad por pesca más altos (Frms=0.75) a comparación de la zona centro (Frms=0.54), y de todas maneras le permitiría cautelar un mayor porcentaje de biomasa desovante (43%) que la zona centro (39%) (**Figura 18** y **Figura 19**). Cuando se supone una denso-dependencia stock recluta (h=0.6), los niveles de F deberían disminuir para la zona centro y sur un 43% y 34% respectivamente, para cautelar el mismo porcentaje de biomasa desovante (44%).

Tabla 38. Puntos Biológicos de Referencias estimados para el recurso centollón en la zona centro y sur de la Región de Magallanes, bajo distintos escenarios de resiliencia y madurez.

		Talla fisiológica: 50.5 mm (LC)		**Talla morfológica: 57 mm (LC)**	
Steepness	**Indicadores**	**Centro**	**Sur**	**Centro**	**Sur**
h=0.6	**Bratio**	0.33	*Valor fuera de rango*	0.33	0.32
	Bratio_min	0.23		0.23	0.32
	Bratio_max	0.44		0.44	0.44
	Frms	0.60		0.54	1.24
	Frms_min	0.33		0.31	0.49
	Frms_max	1.24		1.07	1.24
h=0.75	**Bratio**	*Valor fuera de rango*	*Valor fuera de rango*	0.28	0.38
	Bratio_min			0.28	0.38
	Bratio_max			0.39	0.43
	Frms			1.24	1.24
	Frms_min			0.54	0.75
	Frms_max			1.24	1.24

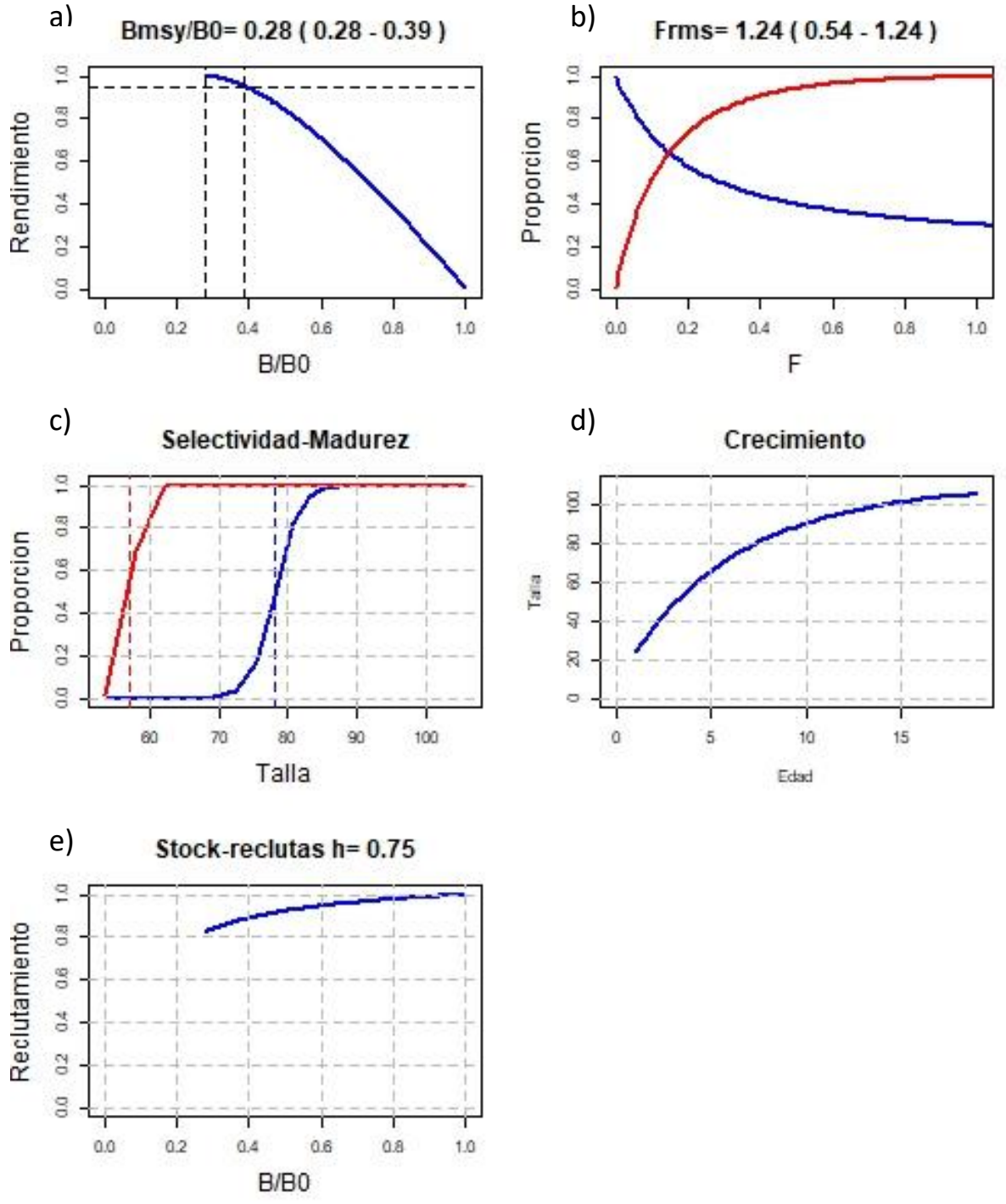


Figura 18. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centollón, Zona centro de la Región de Magallanes, talla morfológica de 57 mm (LC).

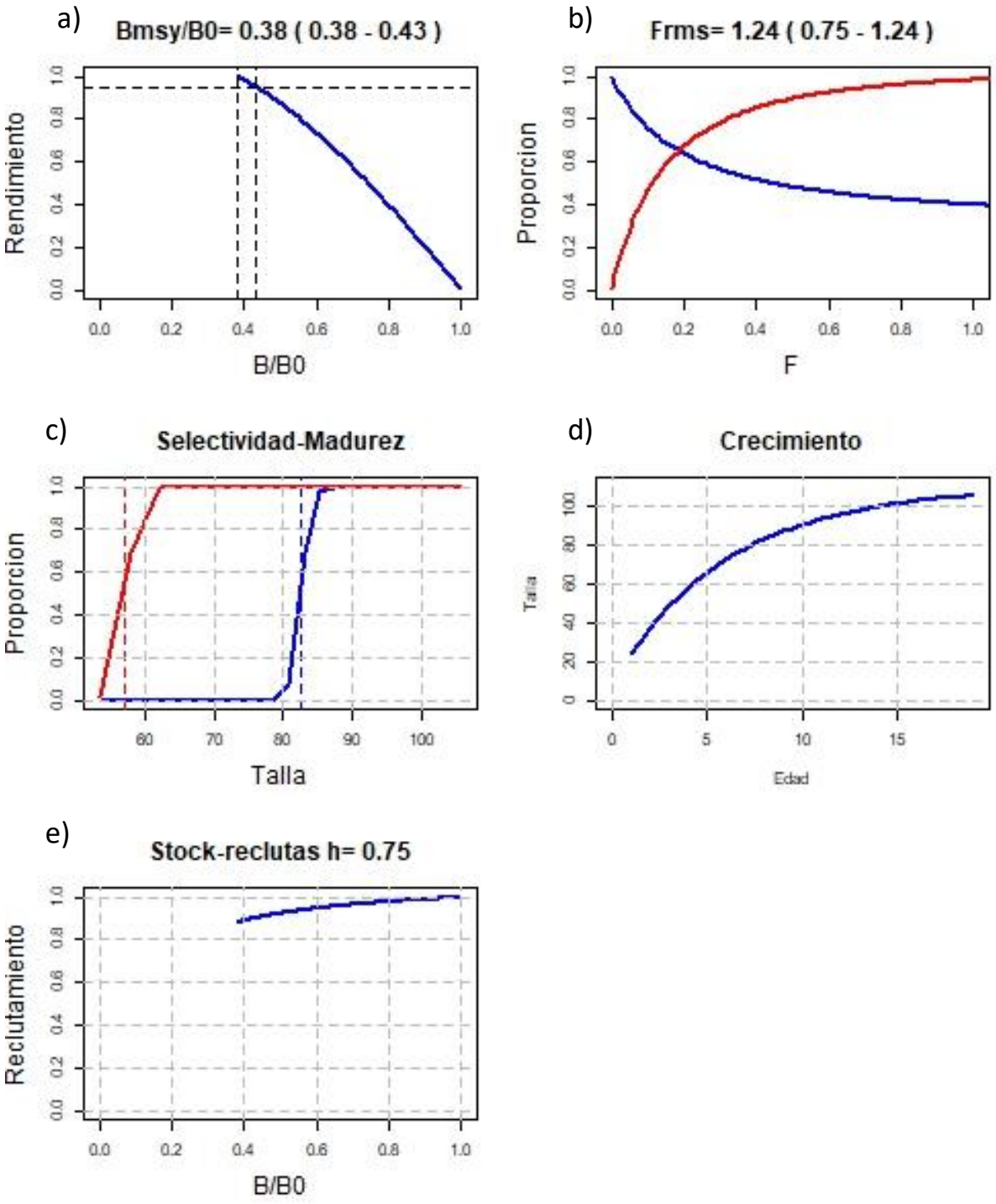


Figura 19. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Centollón, Zona sur de la Región de Magallanes, talla morfológica de 57 mm (LC).

Jaiba marmola: Los PBR obtenidos para la Bahía de Ancud, Dalcahue y Región de Aysén bajo distintos escenarios de steepness (h) y talla de madurez se muestran en la **Tabla 39**. Con un escenario de h=0.75 y una talla fisiológica de 101.52 mm para la Bahía de Ancud, 110.38 mm para Dalcahue y 115.2 mm para Aysén, se observa que la zona de Dalcahue para alcanzar el RMS debería aplicar niveles de mortalidad por pesca menores (Frms=0.19) a comparación de la Bahía de Ancud (Frms= 0.28) para cautelar prácticamente la misma proporción de biomasa desovante (37% y 38%). Tal como se vio anteriormente con los recursos centolla y centollón, la relación entre la selectividad y la madurez sería un factor determinante para este tipo de casos, como se pude observa en la **Figura 21.c**, en Dalcahue la talla de madurez es muy cercana a la talla de extracción, lo que explicaría los niveles de mortalidad por pesca estimados para esta zona. Todo lo contario sucede con la Región de Aysén, es tan significativa la distancia entre estas dos curvas, que no es posible determinar un valor máximo de F (**Figura 22.c**). Sin embargo, al considerar una baja resiliencia (h=0.6), Aysén debería aplicar niveles de mortalidad por pesca de 0.31 para dejar un escape del 43%. En el caso de Ancud y Dalcahue la mortalidad por pesca tendría que disminuir aproximadamente un 30% para resguardar el mismo porcentaje de BD que Aysén (43%).

Considerando una talla morfológica de 118.5 mm, solo se pudo estimar los PBR para cada zona cuando se supone una baja resiliencia (h=0.6). En este sentido, no se observan diferencias significativas en términos de biomasa desovante cuando se compara con los resultados obtenidos con una talla fisiológica (~41%-43%), pero si en relación a los niveles de mortalidad por pesca, dado que estos deberían disminuir un 26% en Ancud, 7% Dalcahue y un 13% en Aysén.

Tabla 39. Puntos Biológicos de Referencias estimados para el recurso jaiba marmola en la Bahía de Ancud, Dalcahue y la Región de Aysén, bajo distintos escenarios de resiliencia y madurez.

		Talla fisiológica: 101.52 (Ancud); 110.38 (Dalcahue); 115.2 (Aysén)			**Talla morfológica: 118.5 mm**		
Steepness	**Indicadores**	**Ancud**	**Dalcahue**	**Aysén**	**Ancud**	**Dalcahue**	**Aysén**
h=0.6	**Bratio**	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.32
	Bratio_min	0.23	0.23	0.24	0.22	0.22	0.22
	Bratio_max	0.43	0.43	0.43	0.42	0.41	0.43
	Frms	0.28	0.18	0.56	0.20	0.16	0.45
	Frms_min	0.19	0.13	0.31	0.14	0.12	0.27
	Frms_max	0.42	0.24	0.97	0.26	0.21	0.80
h=0.75	**Bratio**	0.27	0.26	*Valor fuera de rango*	0.26	0.25	*Valor fuera de rango*
	Bratio_min	0.18	0.17		0.17	0.17	
	Bratio_max	0.38	0.37		0.35	0.36	
	Frms	0.48	0.28		0.30	0.24	
	Frms_min	0.28	0.19		0.21	0.17	
	Frms_max	0.92	0.39		0.43	0.32	

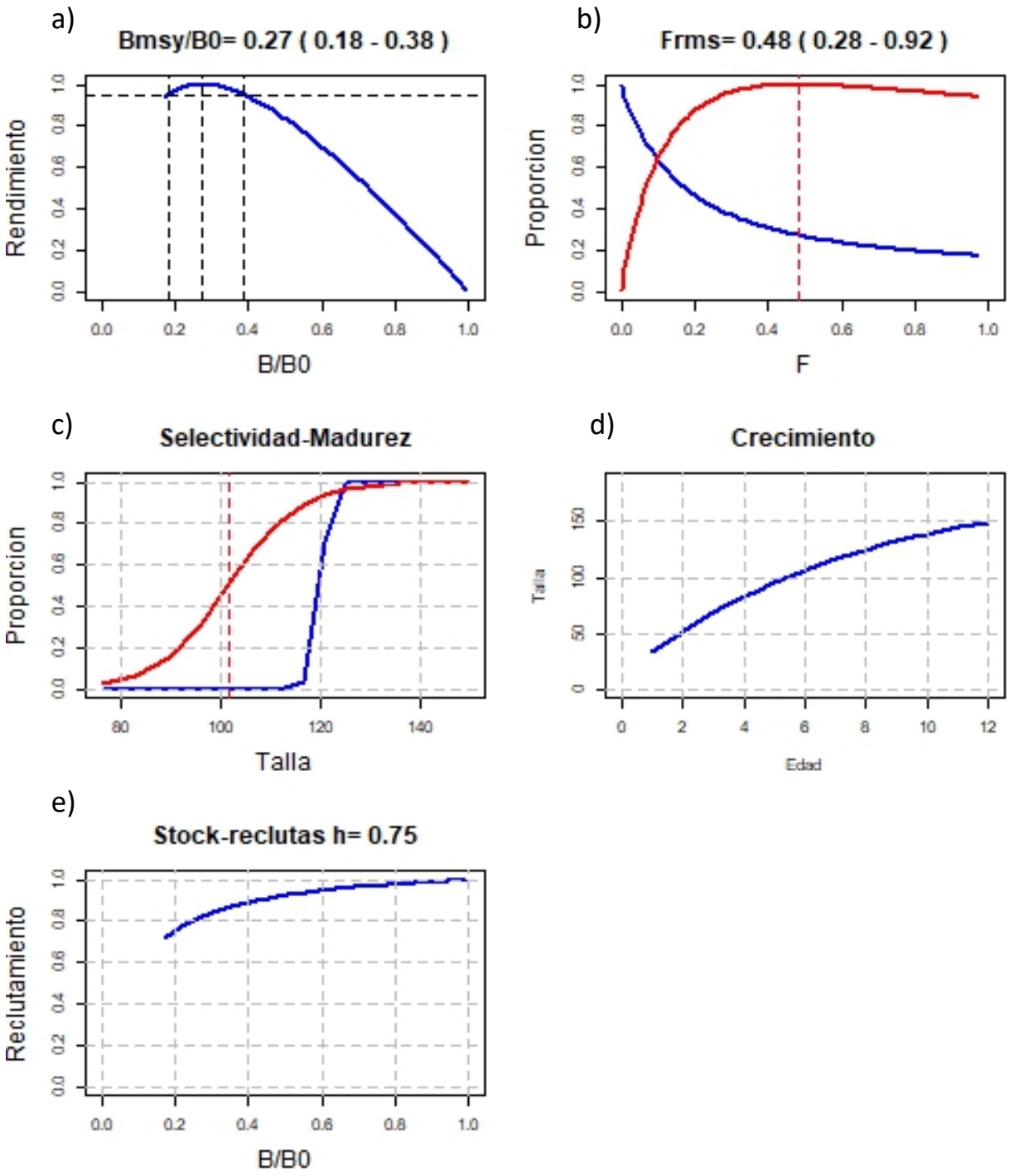


Figura 20. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba marmola, Bahía de Ancud, talla fisiológica de 101.52 mm (AC).

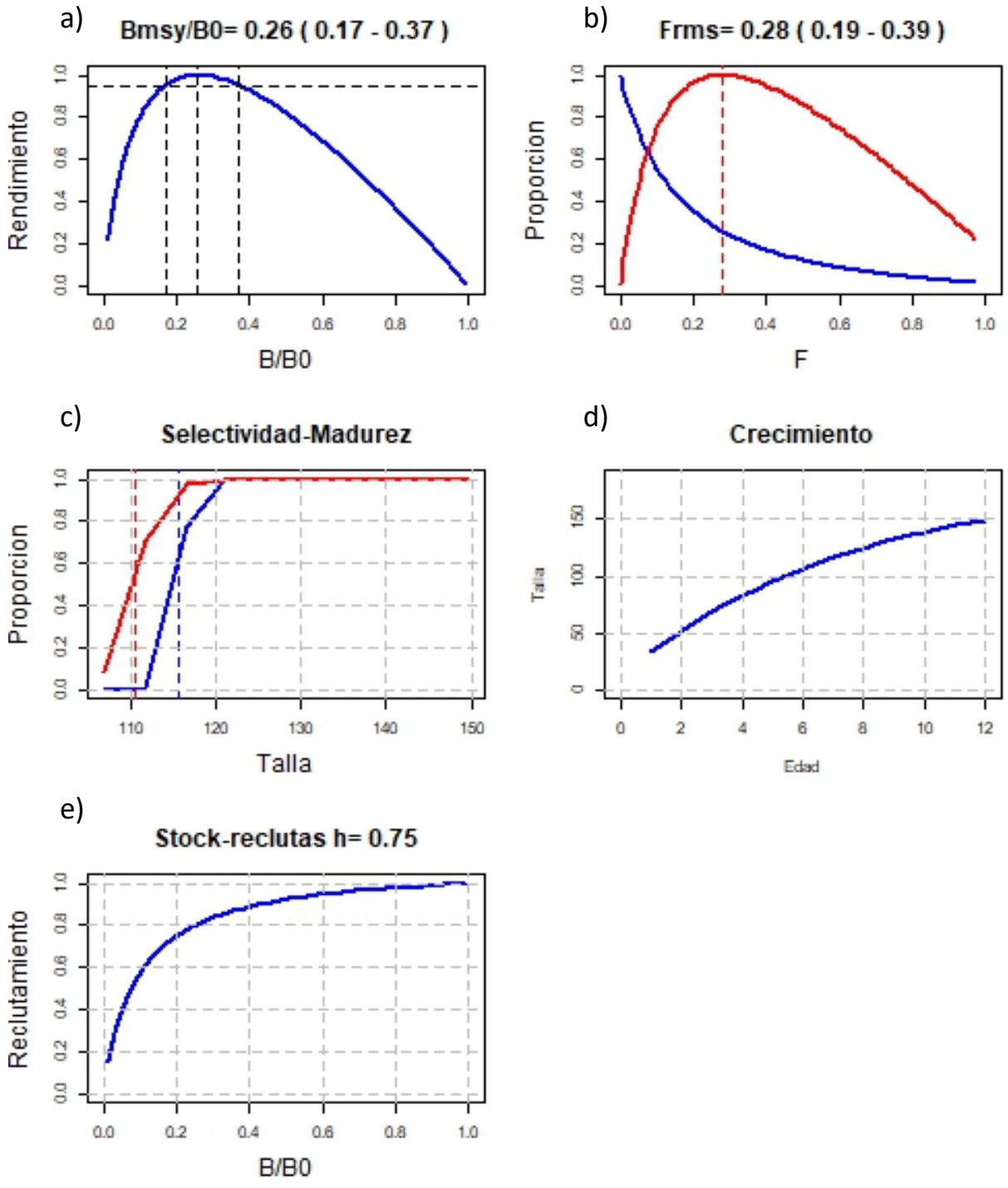


Figura 21. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba marmola, Dalcahue, talla fisiológica de 110.38 mm (AC).

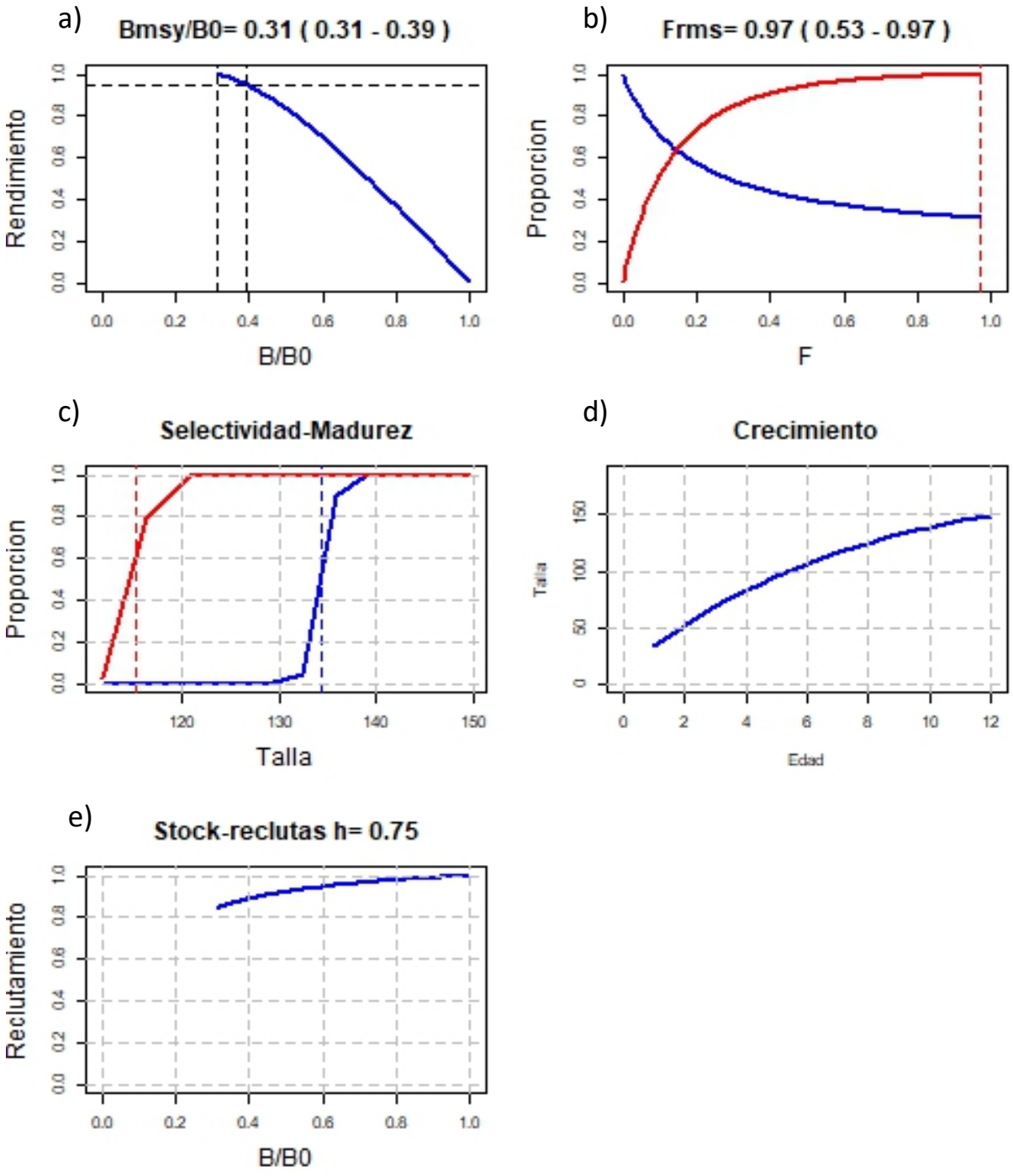


Figura 22. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba marmola, Aysén, talla fisiológica de 115.2 mm (AC).

Jaiba limón: Los PBR obtenidos para la Región del Biobío bajo distintos escenarios de madurez y con un escenario de steepness igual a 0.6 se muestran en la **Tabla 40**. En primera instancia, se destaca que para la Región de Valparaíso no fue posible estimar los PBR bajo ningún escenario de talla de madurez y resiliencia, dada las particularidades de la actividad extractiva en esta zona, las cuales fueron tomadas a partir de los talleres de trabajo con los usuarios (selectividad filo de cuchillo y talla de extracción de 120 mm). Esto implica al igual que lo explicado con los otros recursos analizados, que en esta zona se podrían aplicar altos niveles de mortalidad por pesca, sin embargo, es relevante enfatizar la alta incertidumbre que se encuentra asociada a estos resultados por la limitación de datos e información disponibles (parámetros biológicos y pesqueros).

Respecto a la Región del Biobío, solo se pudieron estimar los PBR con un escenario de baja resiliencia (h=0.6). Tomando en cuenta una talla fisiológica de 96.8 mm se deberían aplicar niveles de mortalidad por pesca de 0.42 para cautelar el 43% de la biomasa desovante (**Figura 23**). En cambio, cuando se considera una talla morfológica de 103.9 mm el nivel de mortalidad por pesca tendría que disminuir un 21% para alcanzar a cautelar el mismo porcentaje de la población parental (43%) (**Figura 24**).

Tabla 40. Puntos Biológicos de Referencias estimados para el recurso jaiba limón en la Región del Biobío bajo distintos escenarios de resiliencia y madurez.

Steepness	Indicadores	Talla fisiológica: 96.8 mm	Talla morfológica: 103.9 mm
h=0.6	**Bratio**	0.32	0.31
	Bratio_min	0.24	0.22
	Bratio_max	0.43	0.43
	Frms	0.79	0.55
	Frms_min	0.42	0.33
	Frms_max	1.42	0.94

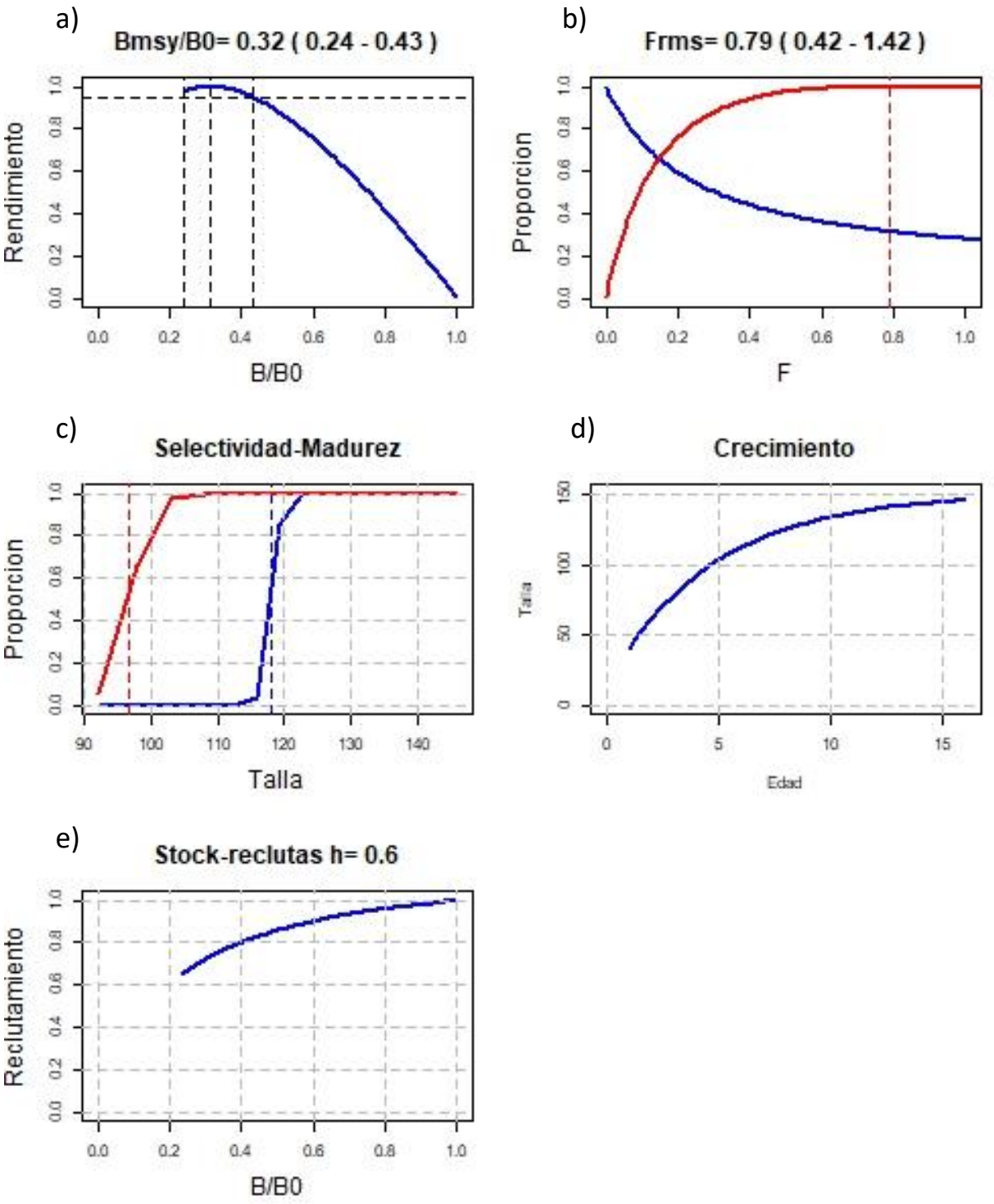


Figura 23. **(**a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba limón, Región del Biobío, talla fisiológica de 96.8 mm (AC).

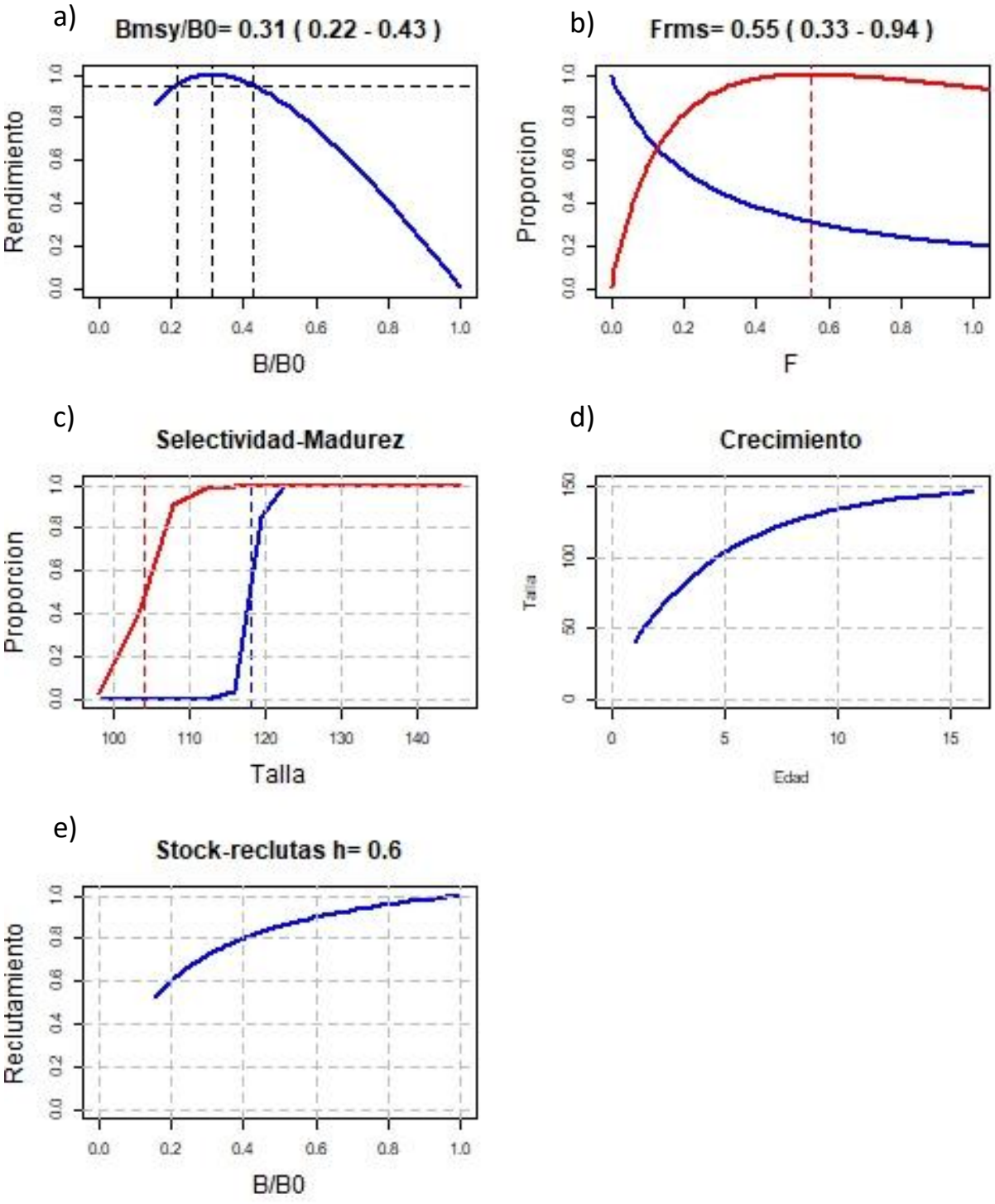


Figura 24. (a) Curvas de rendimiento, (b) Curvas de rendimiento (línea roja) respecto a la reducción de la biomasa virginal (línea azul), (c) Curvas de selectividad (línea azul) y madurez (línea roja), (d) Curvas de crecimiento, (e) relación stock-recluta. Jaiba limón, Región del Biobío, talla fisiológica de 103.9 mm (AC).

5.4.2 Vinculación de PBR teóricos con PBR empíricos

Mediante el modelo "Length Based Pseudo Cohort Analysis" (Canales *et al*., 2021) se estimó el valor del agotamiento del potencial reproductivo (SPR) y la mortalidad por pesca actual (F), los cuales posteriormente fueron vinculados con los Puntos de Referencia Empíricos reconocidos por los pescadores (ver 5.3.3) y sus valores más recientes reportados por IFOP en el marco del "Programa de Seguimiento Pesquerías Crustáceos Bentónicos" (Daza *et al*., 2017; Olguín y Mora, 2020). Se destaca que para este ejercicio solo se consideró la CPUE (kg/trampa), dado que, según los resultados obtenidos en el marco del tercer objetivo este es el indicador que mejor reconocen y manejan los pescadores en las faenas de pesca, además de ser el principal indicador que reporta IFOP. Los indicadores relacionados con la talla se excluyeron dado que no se identifica un cambio en el transcurso del tiempo por parte de los pescadores en el caso de la jaiba limón y centolla.

La estimación del agotamiento del potencial reproductivo y el nivel de mortalidad por pesca fue realizada para el recurso centollón de la Región de Magallanes (zona centro y zona sur) y para la jaiba limón de la Región del Biobío. En el caso de los recursos centolla y jaiba marmola se utilizaron los resultados obtenidos a partir de la evaluación de stock reportados por Yañez *et al*., (2022) mediante la aplicación del modelo LBPA. Para la jaiba marmola de la zona de Ancud, se consideró el valor SPR y F bajo el análisis de sensibilidad del periodo de los últimos 6 años para ser consistente con el supuesto de equilibrio del modelo LBPA.

Es importante señalar que, para la aplicación del modelo LBPA se consideraron los mismos criterios utilizados para la estimación de los PBR indicados en el punto anterior (parámetros de crecimiento, zona de estudio y tratamiento de datos). Sin embargo, para ser consiste con el manejo actual, se utilizó el valor de steepness de 0.75, a excepción de la jaiba limón, donde se consideró un h=0.6 debido a que no se pudieron estimar PBR cuando se supuso una mayor resiliencia. En este mismo sentido, se utilizó una talla fisiológica para los recursos centolla y jaiba marmola (consistente con la evaluación de stock reportada por Yañez *et al*., 2022), y una talla morfológica para los recursos centollón y jaiba limón (aplicando un enfoque precautorio). Los resultados obtenidos y recopilados se muestran en la **Tabla 41**, el ajuste del modelo a los datos de los recursos centollón y jaiba limón se muestran en la **Figura 25**, **Figura 26** y **Figura 27**.

Tabla 41. Agotamiento del potencial reproductivo (SPR) y mortalidad por pesca (F) de los recursos centolla de la Región de Magallanes (zona norte, centro y sur), centollón de la Región de Magallanes (zona centro y sur), jaiba marmola de la Bahía de Ancud, Dalcahue, Aysén, y jaiba limón de la Región del Biobío (Fuente: Yañez *et al*., 2022).

	Centolla			**Centollón**		**Jaiba marmola**			**Jaiba limón**
	Norte	**Centro**	**Sur**	**Centro**	**Sur**	**Ancud**	**Dalcahue**	**Aysén**	**Biobío**
SPR	0.48	0.38	0.37	0.37	0.38	0.27	0.20	0.33	0.14
F	0.29	0.38	0.46	0.74	0.88	0.78	0.58	0.93	7.10

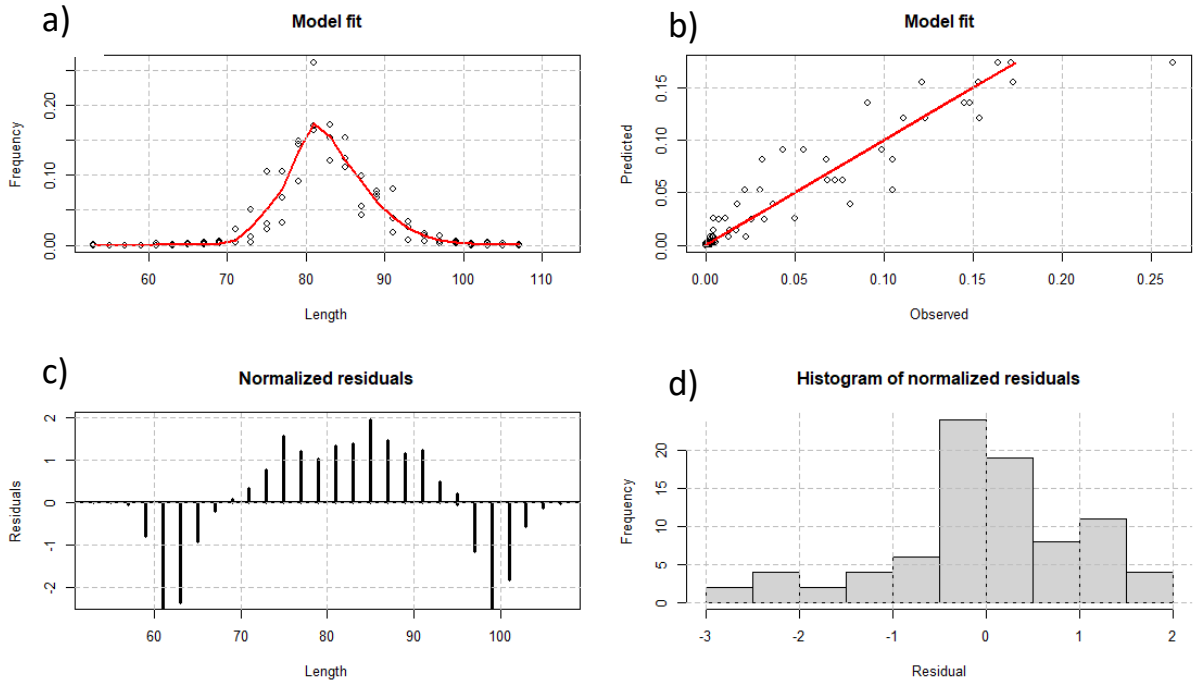


Figura 25. (a) Ajuste del modelo a las composiciones de tallas, (b) Residuales en contra de los valores predichos, (c) Residuales normalizados, (d) Histograma de residuales normalizados. Centollón, Región de Magallanes, zona centro.

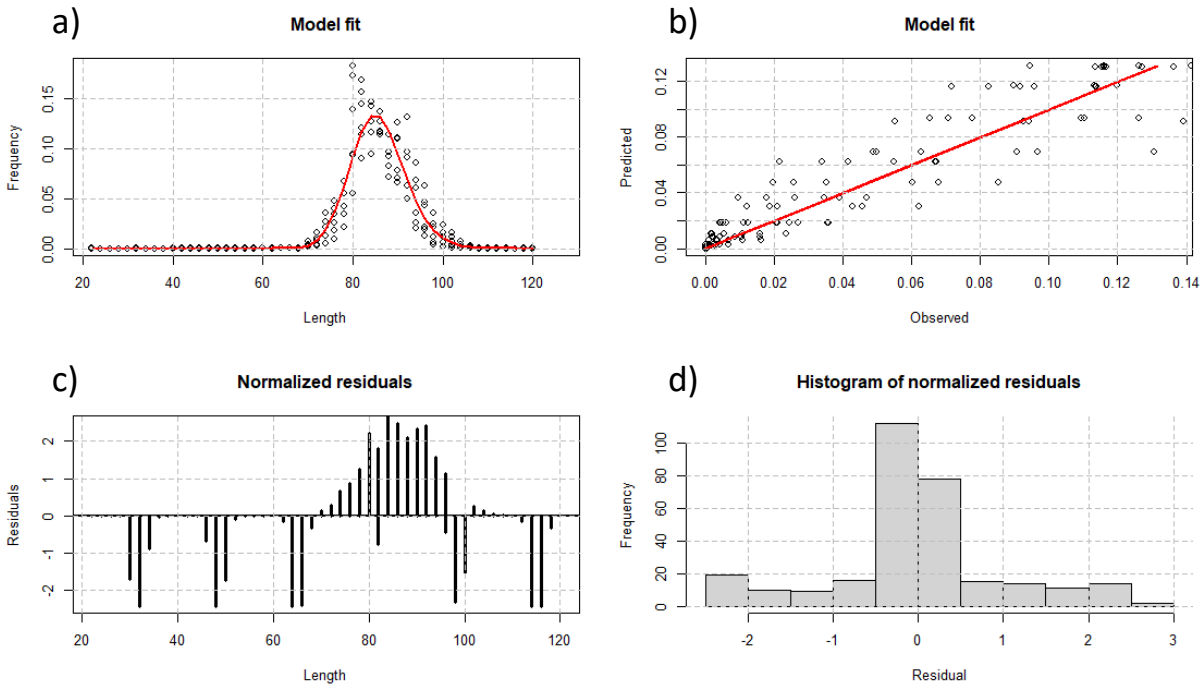


Figura 26. (a) Ajuste del modelo a las composiciones de tallas, (b) Residuales en contra de los valores predichos, (c) Residuales normalizados, (d) Histograma de residuales normalizados. Centollón, Región de Magallanes, zona sur.

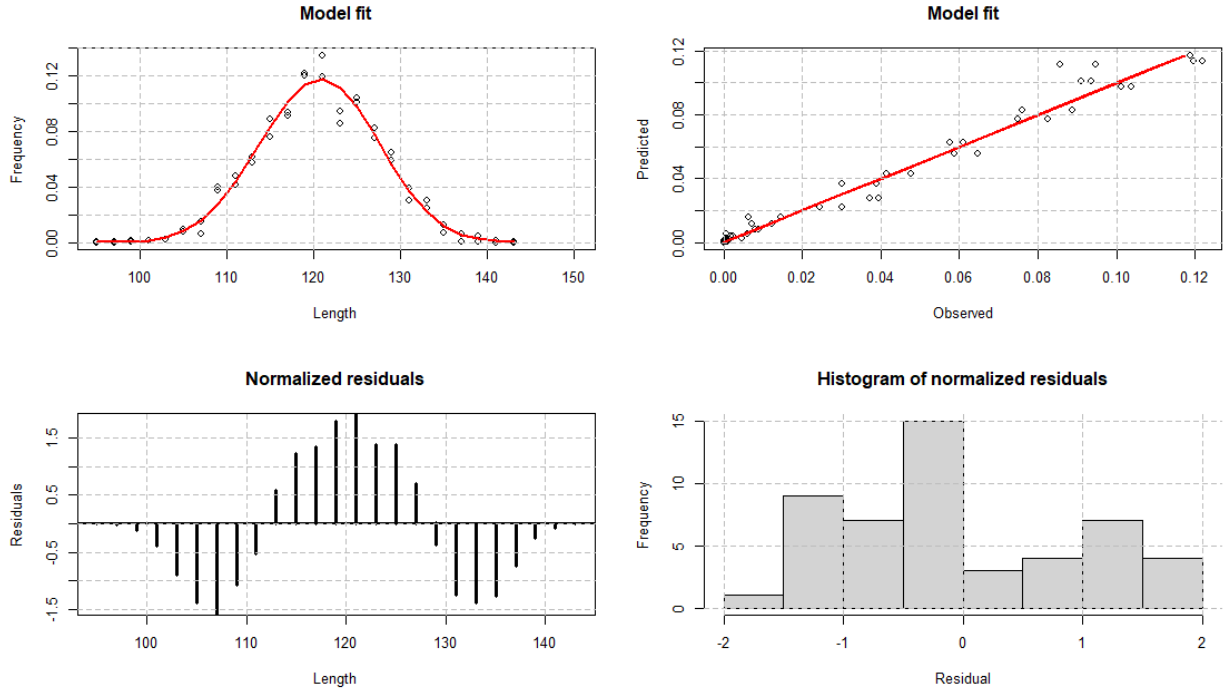


Figura 27. (a) Ajuste del modelo a las composiciones de tallas, (b) Residuales en contra de los valores predichos, (c) Residuales normalizados, (d) Histograma de residuales normalizados. Jaiba limón, Región del Biobío.

La vinculación del SPR y la mortalidad por pesca con los PBR y los Puntos de Referencia Empíricos para cada recurso y zona de evaluación se muestran en la **Tabla 42**. Considerando que los resultados obtenidos en este estudio validan lo reportado y sugerido por Clark (2002), y tomando en cuenta un enfoque precautorio, los análisis se realizaron considerando una reducción del 40% de la biomasa virginal como nivel de referencia. Al respecto, se destaca que para la centolla el rendimiento actual (1.27 kg/trampa) es superior a lo que se debería obtener si se alcanzara el RMS (1.06 kg/trampa), dado que el recurso para esta localidad supera el PBR. Sin embargo, para la zona centro y sur los rendimientos actuales se encuentran levemente por debajo al nivel de referencia.

Para el recurso centollón de la zona sur de la Región de Magallanes se estimó que el rendimiento que se debería observar en las faenas de pesca si se estuviera en el RMS es de 27.61 kg/trampa, el cual es mayor a lo que se observa actualmente (24.40 kg/trampa) producto de la condición del recurso (SPR/SPR40%=0.95). La zona sur no fue analizada porque no se han reportado rendimiento de pesca en los últimos años para el recurso centollón en esta zona.

En el caso de la jaiba marmola la población se encuentra considerablemente reducida, por ende, la diferencia entre lo que se debería obtener con la situación actual es mayor, así se muestra en Ancud donde el Rendimiento al RMS es de 8.15 kg/trampa y actualmente se extrae 5.5 kg/trampa. En Dalcahue el Rendimiento que se deberían obtener es prácticamente el doble (11 kg/trampa) a los actuales (5.5 kg/trampa). En la Región de Aysén la diferencia entre lo actual (11.75 kg/trampa) y lo esperado (14.24 kg/trampa) es levemente menor a comparación de las otras 2 localidades.

En el caso de la jaiba limón en la Región de Valparaíso no se realizaron estimaciones, dado que no fue posible estimar el SPR actual por la limitación de la calidad de los datos de las estructuras de tallas. Sin embargo, para la Región del Biobío se pudo determinar que los rendimientos al RMS son significativamente superiores (4.3 kg/trampa) a los actuales (2.03 kg/trampa) producto del crítico estado que se encontraría el recurso (SPR=0.14). Es importante destacar que esta condición actual podría estar sesgada por la limitación de datos que se disponían, dado que solo se incorporaron 2 años de información.

Tabla 42. Agotamiento del potencial reproductivo (SPR), PBR objetivo (40%B0), rendimiento actual y rendimiento al RMS (kg/trampa) para los recurso centolla de la Región de Magallanes (zona norte,centro y sur), centollón de la Región de Magallanes (zona centro y sur), jaiba marmola de la Bahía de Ancud, Dalcahue, Aysén, y Jaiba limón de la Región del Biobío.

Centolla				
	SPR actual	PBR objetivo	Rendimiento actual (Kg/Trampa)	Rendimiento al RMS (Kg/Trampa)
Zona Norte	0.48	0.40	1.27	1.06
Zona Centro	0.38	0.40	* 0.92	0.97
Zona Sur	0.37	0.40	0.85	0.92

Centollón				
	SPR actual	PBR objetivo	Rendimiento actual (Kg/Trampa)	Rendimiento al RMS (Kg/Trampa)
Zona Centro	0.37	0.40	-	-
Zona Sur	0.38	0.40	24.40	27.61

Jaiba Marmola				
	SPR actual	PBR objetivo	Rendimiento actual (Kg/Trampa)	Rendimiento al RMS (Kg/Trampa)
Ancud	0.27	0.40	5.50	8.15
Dalcahue	0.20	0.40	5.50	11.0
Aysén	0.33	0.40	11.75	14.24

Jaiba Limón				
	SPR actual	PBR objetivo	Rendimiento actual (Kg/Trampa)	Rendimiento al RMS (Kg/Trampa)
Biobío	0.14	0.40	2.03	4.3

*rendimiento en ind/trampa

5.5 Proponer procedimientos alternativos de evaluación de stock y sus requerimientos de datos e información acorde a las características de los recursos y el régimen operacional de la pesquería.

Cuando la información disponible es fragmentada o se reconoce que las características espaciales de la población son complejas, lo más apropiado es aumentar la resolución espacial con el consiguiente compromiso en la calidad de los datos. Una resolución espacial más fina impedirá el uso de modelos integrados de análisis, debido a que la información disponible a esa escala probablemente sea poca o de baja calidad en términos de la escala temporal. Sin embargo, modelos basados solo en composiciones de tallas de las capturas pueden ser una muy buena solución, los que no obstante se sustentan en supuestos difíciles de sostener (equilibrio), han demostrado ser útiles y muy informativos respecto del estado de las poblaciones. Un modelo de este tipo candidato es el Análisis de Pseudo-cohorte basados en tallas (LBPA) (Canales *et al*., 2021) y es el propuesto para estos fines, principalmente por su simpleza, robustez y flexibilidad. Se describe la forma de análisis y desde donde puede ser descargado para fines de evaluación y diagnóstico de poblaciones.

5.1. Length-Based Pesudocohort Analysis (LBPA)

Descarga de archivos: Los archivos necesarios para emplear el modelo deben ser descargados desde el portal GitHub (**Figura 28**), mediante el siguiente link: https://github.com/criscan/LBPA. Una vez finalizada la descarga, en una misma carpeta/directorio se deben guardar los archivos señalados en la **Tabla 43**. El archivo **LBPA.mexe** para ser ejecutado se debe cambiar la extensión a solo .exe (**LBPA.exe**).

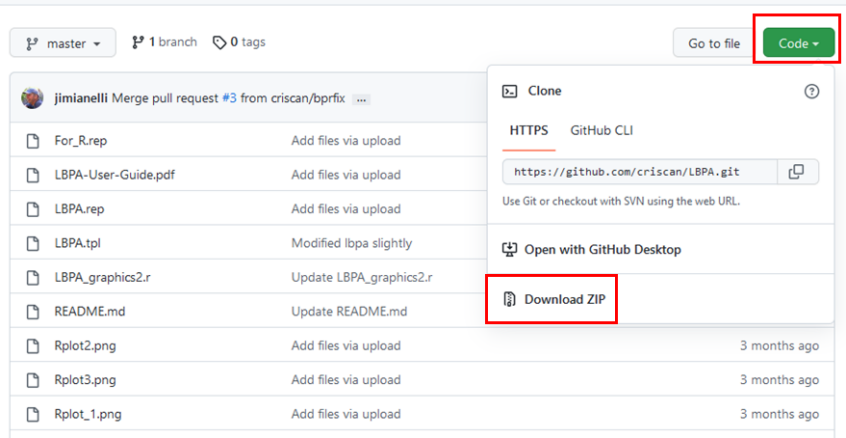


Figura 28. Descarga de archivos desde el portal GitHub.

Tabla 43. Archivos necesarios para la implementación del modelo LBPA.

Archivos	Función
lbpa.dat	Ingreso de datos
LBPA.mexe	Ejecución del modelo
LBPA_graphics2.r	Elaboración de gráficas
read.admb.R	Leer el reporte de resultados
read.admbFit.r	

Ingreso y Requerimiento de datos: El archivo **lbpa.dat** es tipo texto, lo que permite ser modificado por el editor de texto notepad de Windows. Es importante verificar que el archivo se encuentre grabado con codificación "ANSI" (**Figura 29**). Según la especie que este evaluando y a las particularidades de su pesquería, en el archivo "lbpa.dat" se debe ingresar los siguientes datos:

I. Parámetros biológicos y número de edades
II. Composiciones de longitudes
III. Valores de partida: Parámetros, coeficientes de variación y fases de estimación
IV. Objetivo de manejo, relación stock/recluta y tamaño de muestra

Es importante verificar que las unidades de medidas utilizadas (milímetros o centímetros) sean consistentes entre las composiciones de longitudes y los parámetros biológicos.

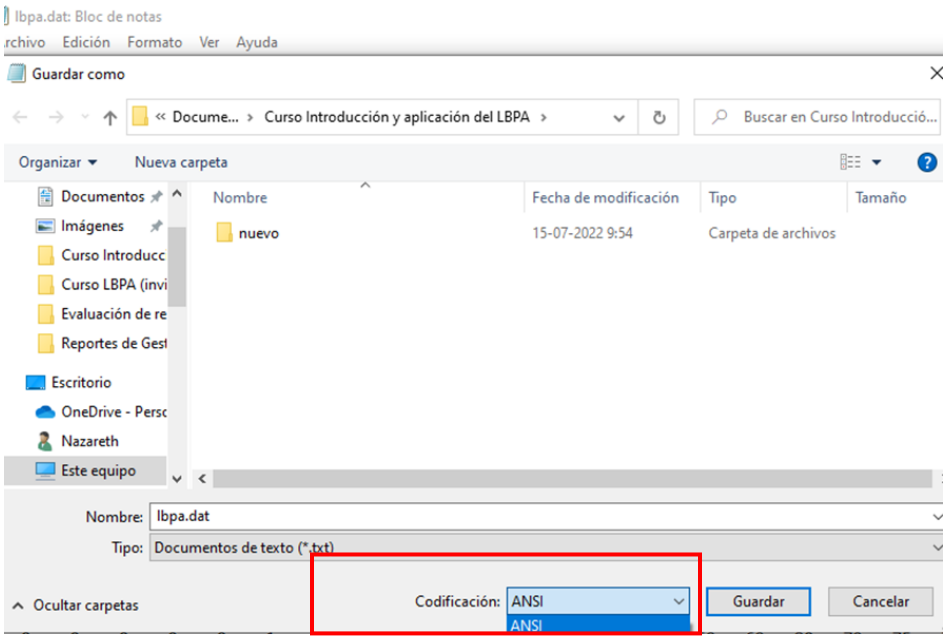


Figura 29. Grabado de archivos con codificación "ANSI".

I. Parámetros biológicos y número de edades: En la **Tabla 44** se describe cada uno los parámetros de historia de vida que se requieren para la aplicación del modelo, además se señalan algunas consideraciones en el caso de desconocer ciertos valores. En la **Figura 30**, se muestra un ejemplo de cómo se visualiza esta sección en el archivo **lbpa.dat**.

Tabla 44. Parámetros biológicos y número de edades.

Dato	Descripción
Loo	Longitud asintótica
k	Tasa de crecimiento
M	Mortalidad natural. En el caso que este valor sea desconocido, considerar: M ~ 2k
Log_aw	Coeficientes de la relación talla-peso
bw	
L50m	La talla a la cual el 50% de los individuos son sexualmente maduros (talla de primera madurez sexual)
L95m	La talla a la cual el 95% de los individuos son sexualmente maduros
Spawn_time	Fracción del año donde ocurre el desove
Number of ages	Edades presentes en la población. En el caso que este valor sea desconocido, considerar: $E_{máx}$ ~ ln (0.01)/M

#Biological parameters

#Loo	k	M	log_aw	bw	L50m	L95m	spawn_time
96.450	0.130	0.280	-7.825	2.950	39.000	42.000	0.875

#Number of ages (assumption)

10.

Figura 30. Ingreso de parámetros biológicos y número de edades en el archivo lbpa.dat.

II. Composiciones de longitudes:

- En la sección “Number of samples/year”, se debe ingresar exactamente el número de composiciones de tallas que está incorporando en el análisis (anuales). En el ejemplo presentado en la **Figura 31**, son ingresadas 9 composiciones de tallas (1 por año), consistente con el número de filas de la sección “Length frecuencies”. Se recomienda considerar como mínimo 3 composiciones de tallas.

- Para incorporar una ponderación de las composiciones de tallas, en la sección "LF weighting factor", se debe ingresar el peso estadístico que se desea considerar en cada una de las composiciones. En el ejemplo presentado en la **Figura 31**, se consideró el mismo peso estadístico para las 9 composiciones.
- Finalmente, se debe ingresar el número de tallas totales en la sección "number of lenghth bins", el vector de las tallas en la sección "Length bins", y las composiciones de tallas en la sección "Length frequencies". En el ejemplo presentado en la **Figura 31**, el vector es de un rango desde los 20 mm hasta los 60 mm, con un intervalo de cada 2 mm, teniendo como resultado un total de 20 tallas. Los intervalos vacíos (sin información) deben ser llenados con cero.

#Number of samples/years

9

#LF weighting factor (by sample)

1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000

#Number of length bins

20.

#Length bins

20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 56 58 60

#LF: Length frequencies.

0	0	1	4	2	9	16	26	31	36	41	57	73	52	31	1	7	1	0	0
0	0	0	3	3	5	8	21	47	34	50	80	79	82	69	34	11	1	1	0
0	0	0	0	1	0	2	10	14	22	38	33	37	61	40	2	9	3	0	0
0	0	0	0	0	0	2	4	7	18	35	32	65	67	42	12	4	1	0	1
0	0	1	0	1	4	11	34	28	42	45	49	53	43	20	13	5	2	1	0
0	0	1	1	1	2	10	8	20	35	31	59	69	48	33	17	10	5	1	0
0	0	0	0	1	1	9	8	15	35	47	53	67	31	14	7	2	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	2	9	17	24	35	41	29	19	13	8	1	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	13	26	31	40	21	12	5	1	1	0

Figura 31. Ingreso de composiciones de longitudes en el archivo lbpa.dat.

Las composiciones de longitudes o tallas del recurso al que se desea aplicar el modelo LBPA, deben en primer lugar pasar por filtros mínimos para ser ocupadas, estos son:

- En primer lugar, y tal como fue ya señalado, el modelo requiere un mínimo de 3 composiciones de tallas, y un máximo de 9. Estas composiciones pueden ser anuales, mensuales, etc., fijándose siempre en que sea consistente con los valores de tiempo de desove, mortalidad natural, y k, puesto que estos valores suelen estar en escala anual.

- Para asegurar que el modelo represente de mejor forma la distribución de tallas del recurso, es necesario observar que las composiciones de tallas a utilizar tengan una buena cantidad de datos (mínimo 100 individuos por composición), y que la curva de distribución se asemeje a una campana. Una buena forma de presentar datos adecuados es agrupar las composiciones de tallas en intervalos, con el fin de suavizar la curva, tal como se observa en la **Figura 32**.

- Por último, no es necesario que las series de tiempo de las composiciones de tallas sean consecutivas. Es decir, podemos realizar un análisis con composiciones del año 2018, 2020, y 2022.

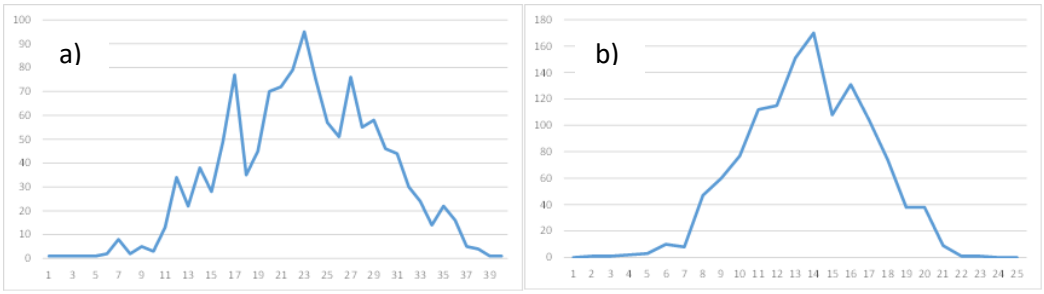


Figura 32. (a) Composición de tallas cada 1 mm. (b) Composición de tallas cada 2 mm. (n=1261).

III. Valores de partida: Parámetros, coeficientes de variación y fases de estimación: De acuerdo con las particularidades de la pesquería que se esté evaluado, en la sección "Initial values/prior" se debe ingresar los parámetros de selectividad (L50 y slope), mortalidad por pesca y talla promedio, con sus respectivos coeficientes de variación (**Tabla 45**).
Con el objetivo de favorecer la resolución del modelo, el conjunto de parámetros señalados con anterioridad es estimado en fases, es decir, en un determinado orden secuencial (1,2,3…etc). El valor negativo de una fase significa que ese parámetro no se estima y queda por defecto el valor dado como inicial. En el ejemplo presentado en la **Figura 33**, los parámetros que no son estimados son los de la función lineal de desviación de la talla a la edad (a0 y cv).

Tabla 45. Parámetros de la pesquería analizada.

Dato	Descripción
L50	Talla al 50% de selectividad (suponga la talla promedio)
Slope	Pendiente de selectividad que mide la diferencia entre la talla al 50% y 95% (suponga un valor del 10% de L50)
F	Mortalidad por pesca inicial (suponga F=M)
Lr	Talla promedio del primer grupo de edad explotable (suponga un valor del 70%-80% de L50)
a0	Parámetros de la función lineal de desviación de la talla a la edad (suponga a0= 0 y cv= 0.1): δ_a = a0 + cv L_a
cv	

 # Initial values/priors (parameter, coef. of variation, estimation phase)

# L50	slope	F	Lr	a0	cv
57.0	5.7	0.5	40.0	0.0	0.1

 # coefficients of variation of each parameter to be estimated

0.1	0.1	10.1	0.1	10.1	0.5

 # Estimation phases

1	2	3	4	-4	-4

Figura 33. Ingreso de parámetros, coeficientes de variación y fases de estimación en el archivo lbpa.dat.

IV. Objetivos de manejo, relación stock/recluta y tamaño de la muestra:

- En la sección “SPR target”, se debe ingresar el porcentaje de reducción del potencial reproductivo a evaluar. En el ejemplo presentado en la **Figura 34**, se establece cautelar un 40% del SPR (objetivo de manejo).

- En la sección “steepness”, se debe incluir el grado de relación entre parentales y reclutas S/R (h: steepness). Este parámetro corresponde a la proporción del reclutamiento virginal cuando el stock se ha reducido al 20%, pudiendo tomar valores entre un rango de 0.2 a 1.0. El valor máximo (h=1) indica que no existe relación S/R, mientras valores menores a 1 reflejan niveles de denso-dependencia de mayor magnitud (**Figura 34**).

- Por último, el modelo considera una función de log-verosimilitud multinomial, para lo cual necesita un tamaño de muestra efectivo, en el ejemplo presentado en la **Figura 34**, este valor fue fijado en 500. En el caso que el modelo no logre la convergencia, se recomienda disminuir este valor.

```
#SPR target    steepness
0.4            1.0

#Effective sample size
500.
```

Figura 34. Ingreso del objetivo de manejo, relación stock/recluta y tamaño de muestra en el archivo lbpa.dat.

Ejecución del modelo: Previamente, es necesario tener instalado el programa RStudio (https://www.rstudio.com/) y las siguientes librerías:

- library (MASS)
- library (MVN)
- library (matrixcalc)

En la misma carpeta donde se encuentran guardados los archivos, se debe abrir el archivo "LBPA_graphics2.r" mediante el programa RStudio. Para ejecutar todo el código del archivo al mismo tiempo, se debe usar la función "Source". En el caso que se requiera ejecutar solo una parte del código, se debe seleccionarla y usar la función "Run" (**Figura 35**). En la línea n°2 donde se encuentra el código para ejecutar el modelo, se hace referencia a un archivo llamado "centolla.dat", el cual debe cambiar según el nombre que tiene guardado el archivo de datos, para este caso se cambió a "lbpa.dat".

La ejecución del modelo finaliza cuando este logra la convergencia y se estiman todos los parámetros. En el ejemplo presentado en la **Figura 36** se muestra la estimación de cuatro parámetros, ya que los de la función lineal de desviación de la talla a la edad (a0 y cv) quedaron fijos en el valor dado inicialmente. Los resultados obtenidos serán generados en la misma carpeta donde se encuentran los archivos iniciales (**Tabla 46**).

Tabla 46. Archivos obtenidos posterior a la ejecución del modelo.

Archivos	Función
For_R.rep	Resultados del ajuste del modelo a los datos
lbpa.rep	
lbpa.std	Error estándar de parámetros y variables
lbpa.cor	Matriz de correlación entre parámetros y variables
lbpa.par	Parámetros (en escala log) del modelo

Una vez ejecutado todo el código del archivo "LBPA_graphics2.r", en la pestaña de imágenes del programa RStudio, se generan gráficas que resumen los principales resultados obtenidos a partir del modelo, estos son:

- Ajuste del modelo, el cual intenta describir la forma acampanada de la frecuencia de talla de las capturas con el propósito de obtener información respecto a la selectividad y el nivel de mortalidad por pesca (**Figura 37**).

- Estimaciones de composiciones de tallas de la población explotable para distintos niveles de mortalidad por pesca (**Figura 38.a**), específicamente: bajo una condición virginal (sin pesca), la que se debería observar si el nivel de agotamiento se encontrase en el objetivo de manejo establecido (en este caso en un F40%), y la que se obtiene actualmente (Factual).

- Curva de selectividad de la pesquería y la curva de madurez del recurso en función de la talla (**Figura 38.b**). Lo adecuado en toda pesquería es obtener una curva de selectividad posterior a la de madurez, con el fin de no comprometer el proceso reproductivo de la especie objetivo.

- Curva de rendimiento relativo y la curva de biomasa por recluta, las cuales se presentan en la **Figura 38.c**. Además, se reporta la condición actual del recurso (punto negro) respecto al objetivo de manejo establecido (40%SPR).

- Composiciones de tallas por grupo de edad teóricos (**Figura 39**), específicamente: en una población virginal, actual, y en consideración de las capturas actuales.

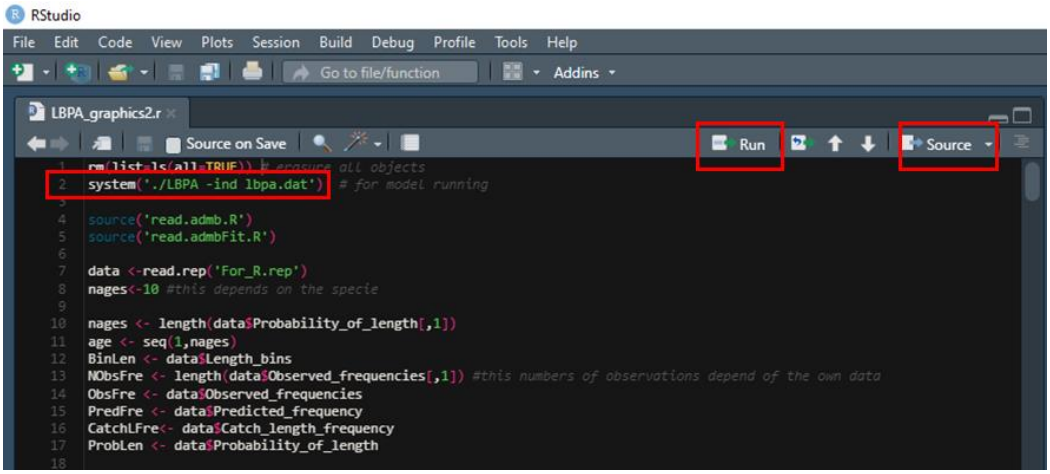


Figura 35. Ejemplo para ejecutar el modelo de análisis mediante el programa RStudio.

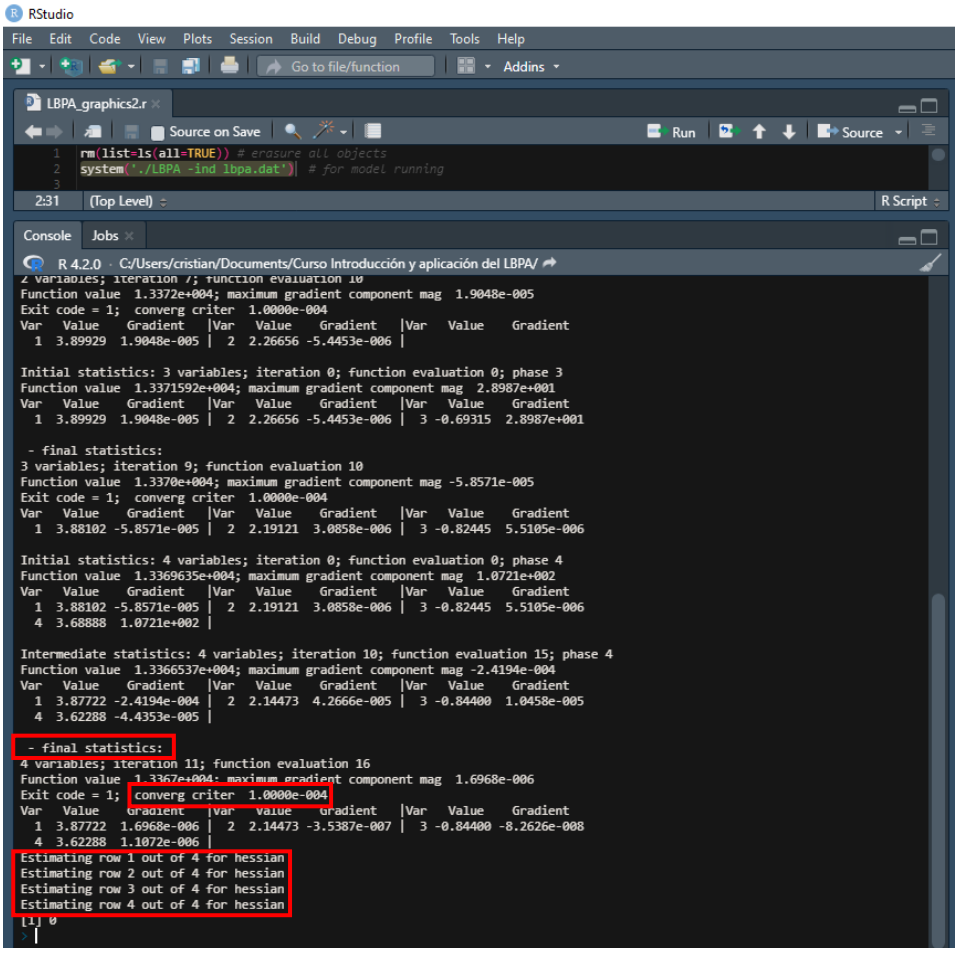


Figura 36. Ejemplo de finalización en la ejecución del modelo.

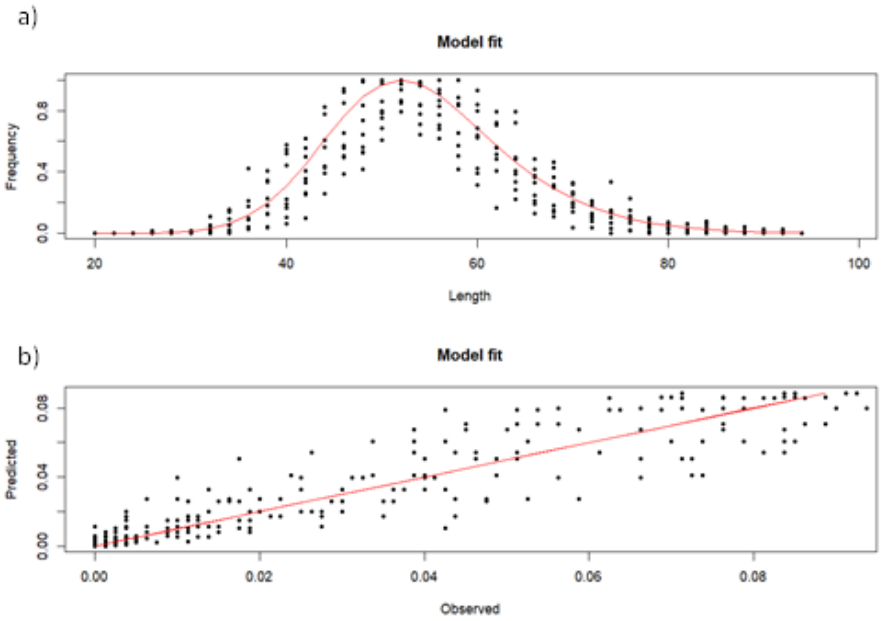


Figura 37. (a) Ajuste del modelo a las composiciones de tallas. Residuales en contra de los valores predichos (b).

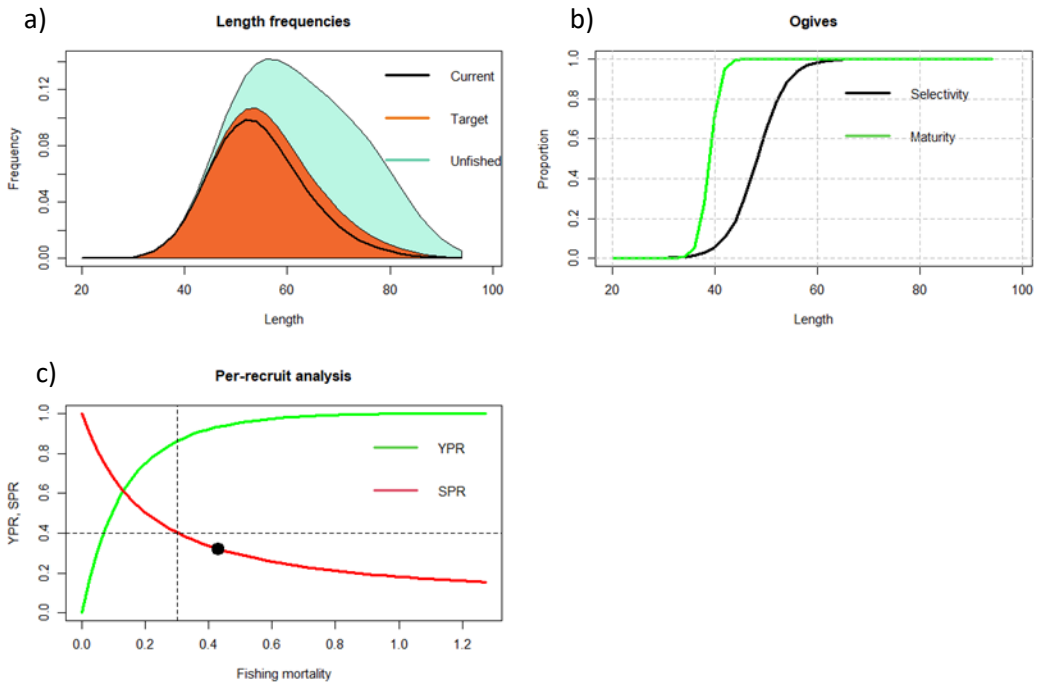


Figura 38. (a) Composiciones de tallas de la fracción explotable virginal, objetivo y actual. (b) Curvas de selectividad y madurez. (c) Curvas de rendimiento relativo y biomasa por recluta con la condición actual (circulo negro) y puntos de referencia (líneas segmentadas).

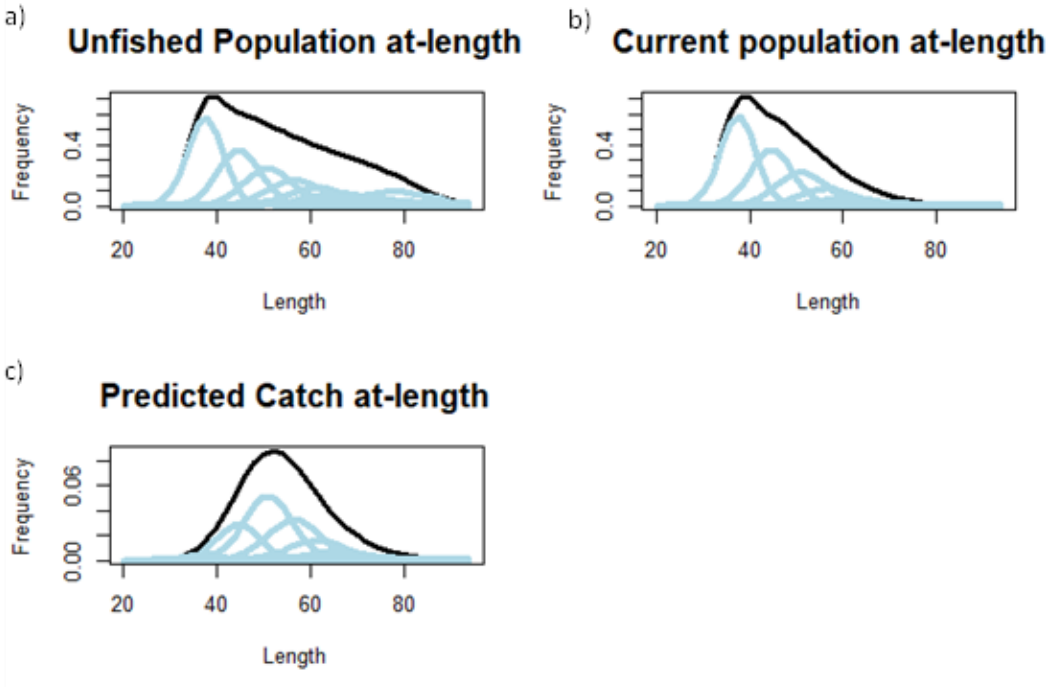


Figura 39. Composiciones de tallas por grupo de edad teóricos. (a) Población virginal, (b) Población actual, y (c) Capturas actuales.

Archivo de resultados (*.rep): En el archivo "lbpa.rep" se encuentra disponible todas las estimaciones proporcionadas por el modelo, las cuales se estan en formato tabla para una mejor comprensión de los resultados (**Figura 40**). Se destaca que en la parte inferior del archivo se encuentran las principales variables de desempeño (**Tabla 47**).

```
**************************************************************************
Estimated model parameters
**************************************************************************
Fishing mortality (F)                  : 0.429988
Selectivity length at 50% (L50)        : 48.2899
Selectivity slope (d)                  : 8.53971
Invariant std deviation in length (a0): 1e-005
Coeff of variation length at-age (cv)  : 0.1
Size of recruits (Lr)                  : 37.4451

**************************************************************************
Derivates quantities
**************************************************************************
Virginal biomass per-recruit (BPR0)    : 183.545
Current BPR                            : 58.8688
Target BPR                             : 73.8159
Current spawning potential ratio (SPR): 0.320733
Target SPR (SPRtar)                    : 0.4
Target fishing mortality (Ftar)        : 0.3
Overfishing index (F/Ftar)             : 1.43329
Current yield per-recruit (YPRcur)     : 20.4781
Target  yield per-recruit (YPRtar)     : 15.0024
Steepness (h)                          : 1
```

Figura 40. Variables de desempeño reportadas en el archivo "lbpa.rep".

Tabla 47. Variables de desempeño obtenidas a partir del modelo de evaluación.

Variable de desempeño	Descripción
Fishing mortality (F)	Nivel de mortalidad por pesca que se está aplicando en la actualidad.
Virginal biomass per-recruit (BPRO)	Biomasa por recluta en condición virginal (g).
Current BPR	Biomasa por recluta actual (g).
Target BPR	Biomasa por recluta (g) que se debería obtener si se cumple con el objetivo de manejo establecido (en este caso es un 40%SPR).
Current spawning potential ratio (SPR)	Potencial reproductivo actual (SPR)
Target SPR (SPRtar)	Potencial reproductivo objetivo (en este caso se estableció en un 40%SPR).
Target fishing mortality (Ftar)	Nivel de mortalidad por pesca que se debería aplicar para alcanzar el objetivo de manejo (F40%)
Overfishing index (F/Ftar)	Índice de sobrepesca
Current yield per-recruit	Rendimiento por recluta actual (g)
Target yield per-recruit	Rendimiento que se debería obtener si se cumple con el objetivo de manejo establecido (40%SPR)

5.2. Optimized Catch Only Method (OCOM) y Catch Maximum Sustainable Yield (CMSY2)

Alternativamente y cuando se disponga solo de datos de estadísticas de desembarques, se podrán emplear modelos como OCOM o CMSY2 el cual puede brindar alguna información respecto del nivel de biomasa y puntos de referencia. Este tipo de modelos tienen gran nivel de incertidumbre y a menudos altamente influenciados por supuestos sobre nivel de resiliencia y las condiciones de partida del modelo. Se describe el procedimiento a seguir para su uso.

Ordenamiento de datos: En una hoja de Excel, se debe generar una columna con los años a analizar, y otra con los datos de capturas por año, tal como se muestra en la **Figura 41**.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Año	HOJITA					
2	2004	10145,19					
3	2005	5953,13					
4	2006	7697,52					
5	2007	7613,54					
6	2008	7445,79					
7	2009	10719,43					
8	2010	674,31					
9	2011	3781,76					
10	2012	664,62					
11	2013	3476,92					
12	2014	5930,75					
13	2015	1740,40					
14	2016	2891,54					
15	2017	4906,04					
16	2018	3428,41					
17	2019	6559,58					
18	2020	3515,64					
19	2021	1832,00					

Figura 41. Ordenamiento de los datos de captura en un archivo Excel.

Ejecución del modelo: Primero se debe abrir un nuevo script en la plataforma Rstudio, y tener previamente instaladas las librerías:

- library(readxl)
- library(datalimited2)

Posteriormente, se debe copiar el siguiente código en el script en blanco:

```
#Métodos
#1. CMSY2 (Froese et al., 2017)
#2. OCOM (Zhou et al., 2017)

# Se cargan las librerías y paquetes necesarios
library(readxl)
library(datalimited2)
devtools::install_github("cfree14/datalimited2")
#*****************************************************

#####   Cargan los datos de captura
nombre="Ejemplo_Captura"
Captura<-data.frame(read_excel(paste("./",nombre,".xlsx",sep="")))
#*****************************************************

#################### El método CMSY2 ######################
jpeg(paste(nombre,'_CMSY.jpeg'),800,700)
par(mfrow = c(1, 1))

m1 = cmsy2(year=Captura[,1], catch=Captura[,2], resilience="High")

#### visualización de los resultados
plot_dlm(m1)

#La estimación de la biomasa con límites de confianza se obtiene de la siguiente manera:
m1.Bt = m1$ref_ts$b
m1.Bt_l = m1$ref_ts$b_lo
m1.Bt_h = m1$ref_ts$b_hi
plot(Captura[,1], m1.Bt, type="b", bty="n",
pch=19,xlab="",ylab="Biomasa",ylim=c(0,max(m1.Bt_h)),main="F. Biomasa")
lines(Captura[,1], m1.Bt_l, lty=2)
lines(Captura[,1], m1.Bt_h, lty=2)

dev.off()
```

```
#Para extraer los puntos biológicos de referencia
CMSY_ref_pts = m1[["ref_pts"]]

Bt_last="Biomasa_last (B)"
Bt_last[2] = m1$ref_ts$b[length(Captura[,2])]
Bt_last[3] = m1$ref_ts$b_lo[length(Captura[,2])]
Bt_last[4] = m1$ref_ts$b_hi[length(Captura[,2])]
BBmsy_last="B/Bmsy"
BBmsy_last[2] = m1$ref_ts$bbmsy[length(Captura[,2])]
BBmsy_last[3] = m1$ref_ts$bbmsy_lo[length(Captura[,2])]
BBmsy_last[4] = m1$ref_ts$bbmsy_hi[length(Captura[,2])]
f_last="Mortalidad por pesca (F)_last"
f_last[2] = m1$ref_ts$f[length(Captura[,2])]
f_last[3] = m1$ref_ts$f_lo[length(Captura[,2])]
f_last[4] = m1$ref_ts$f_hi[length(Captura[,2])]
ffmsy_last="F/Fmsy"
ffmsy_last[2] = m1$ref_ts$ffmsy[length(Captura[,2])]
ffmsy_last[3] = m1$ref_ts$ffmsy_lo[length(Captura[,2])]
ffmsy_last[4] = m1$ref_ts$ffmsy_hi[length(Captura[,2])]

CMSY_ref_pts[6,]<-Bt_last
CMSY_ref_pts[7,]<-BBmsy_last
CMSY_ref_pts[8,]<-f_last
CMSY_ref_pts[9,]<-ffmsy_last

write.table(CMSY_ref_pts, paste(nombre,'_CMSY.txt'))
write.csv2(as.data.frame(CMSY_ref_pts),paste(nombre,'_CMSY.csv'))

 ##################### método OCOM ########################
jpeg(paste(nombre,'_OCOM.jpeg'),800,700)
par(mfrow = c(1, 1))

m2 = ocom(year = Captura[,1], catch = Captura[,2], m = 0.2)

#### visualización de los resultados

plot_dlm(m2)

#la trayectoria de la biomasa estimada es:

m2.Bt = m2$ref_ts$b
m2.Bt_l = m2$ref_ts$b_lo
m2.Bt_h = m2$ref_ts$b_hi
plot(Captura[,1], m2.Bt, type="b", bty="n",
pch=19,xlab="",ylab="Biomasa",ylim=c(0,max(m2.Bt_h)),main="F. Biomasa")
lines(Captura[,1], m2.Bt_l, lty=2)
lines(Captura[,1], m2.Bt_h, lty=2)

dev.off()
```

El nuevo script debe ser guardado en la misma carpeta donde se encuentra el archivo Excel. En la línea del código donde se encuentra la variable nombre, se hace referencia al nombre del archivo Excel "Ejemplo_Captura" (realizado en la sección "ordenamiento de datos), el cual debe cambiar según el nombre que tiene guardado el archivo Excel (Resaltado con color azul en la **Figura 42**, línea 12).

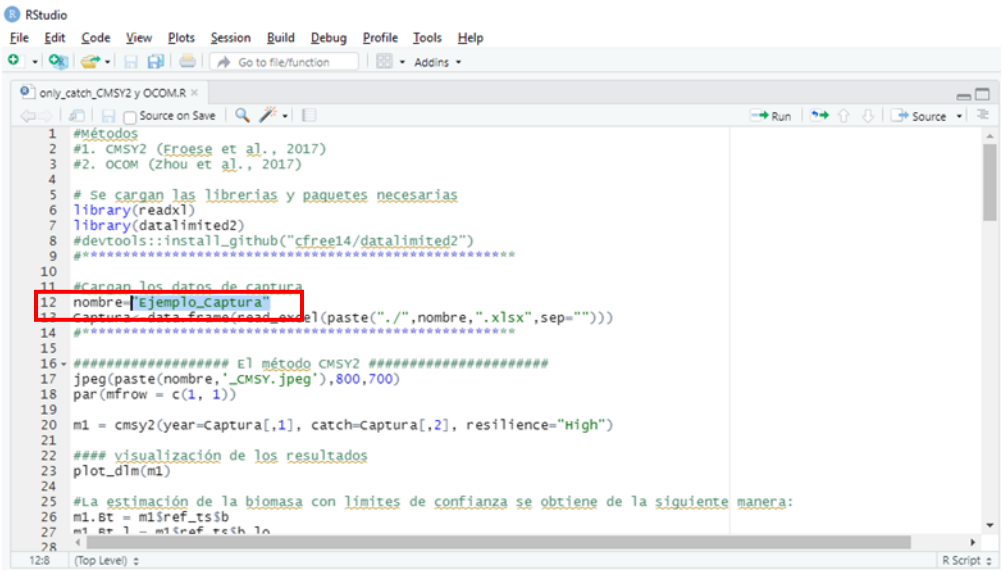


Figura 42. Código de los métodos CMSY2 y OCOM en la plataforma Rstudio. Se resalta en azul, el nombre del archivo Excel.

Para emplear el método de CMSY2 propuesto Froese *et al*., (2017) se requiere el nivel de resiliencia, por ello se debe colocar el nivel de resiliencia del recurso como se muestra en la línea gris. Estos niveles de resiliencia se pueden consultar en FISHBASE y se dividen en cuatro categorías: resiliencia alta ("High") (valores entre 0.6 y 1.5), resiliencia media ("Medium") (valores entre 0.2 y 0.8), resiliencia baja ("Low") (valores entre 0.05 y 0.5) y resiliencia muy baja ("Very low") (valores entre 0.015 y 0.1).

```
m1 = cmsy2(year=Captura[,1], catch=Captura[,2], resilience="High")
```

El método de OCOM propuesto Zhou *et al*., (2018), requiere el valor de mortalidad natural del recurso a analizar, por esta razón se debe colocar el nivel de resiliencia del recurso de la siguiente manera:

```
m2 = ocom (year = Captura[,1], catch = Captura[,2], m = 0.2)
```

6. Análisis y Discusión de Resultados

Objetivos específicos 1 y 2

La recolección y revisión de información permitió identificar la abundancia o escases de los datos para cada recurso, lo cual fue esencial para determinar los modelos idóneos de estimación para cada una de las especies objetivo. En este sentido, se destacó la suficiencia de datos disponibles para la centolla, donde claramente es factible de implementar modelos más robustos e informativos para el manejo de esta pesquería. Por otro lado, uno de los recursos que presentó mayor escases y baja calidad de sus datos es la jaiba limón, desencadenando la posibilidad de implementar solo modelos de data limitada basada en datos de captura. Es relevante enfatizar la precaución que se debe tener al trabajar con los datos de este recurso, dado que en esta pesquería se desembarca solo las pinzas y la información de las tallas en su mayoría puede ser solo una aproximación, al igual que el desembarque que puede estar mezclado con otros recursos.

En general se ha definido la calidad de la información en base a la potencialidad o uso de modelos de evaluación en cuanto a la capacidad de estimación de variables claves, como por ejemplo aquellas referidas a la escala de la población, la relación stock-recluta, y la estimación de variables consideradas en los Puntos Biológicos de Referencia. De hecho, en la literatura es común encontrar claves que permiten orientar la clasificación de los datos en relación con el uso de modelos de estimación (e.g. Resterpo, 1998; ICES, 2012; Payá *et al*., 2014). La NOAA por ejemplo, utiliza una amplia variedad de modelos de evaluación de poblaciones dependiendo de los datos disponibles. Normalmente, una evaluación de stock utilizará un modelo menos detallado cuando haya menos datos disponibles (data-pobre). Por ejemplo, en aquellas pesquerías en los cuales se dispone solo de la captura total y aspectos biológicos, por lo que el asesoramiento será limitado en forma de recomendación de captura, y no se pueden estimar los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) ni menos el diagnóstico de la población. De la misma forma, se utilizan modelos de evaluación de poblaciones más detallados cuando hay más datos disponibles y se pueden proporcionar un asesoramiento de gestión más completo, estimaciones de PBR y el diagnóstico en términos de sobrepesca y sobreexplotación.

Tal como fue planteado a lo largo del primer taller de trabajo, no solo los datos disponibles son relevantes para las estimaciones de los PBR, dado que es necesario conocer los aspectos biológicos y ecológicos de las especies que se están evaluando. Al respecto, las pesquerías de crustáceos presentan particularidades que deben ser tomadas en cuenta a la hora de analizar sus poblaciones y su futuro manejo pesquero. En primer lugar, la mayoría de los invertebrados

bentónicos se caracterizan por tener una significativa dispersión en su periodo larval, lo que implicaría un nivel de auto-reclutamiento ente las poblaciones de origen como de poblaciones geográficamente alejadas (Thorson, 1950; Cowen *et al.,* 2007; Pineda *et al*., 2009). No considerar las unidades poblaciones de estos recursos implicaría una alta probabilidad de comer errores en las estimaciones y, por ende, fallas en el manejo de las pesquerías (Ricker, 1981; Cadrin *et al*., 2005; Lorenzen *et al*., 2010). En segundo lugar, estas pesquerías no presentan un estándar regulado para un mismo recurso, operando de diversas formas para cada procedencia de pesca. Esta variación está sujeta al manejo individual de los pescadores o agrupaciones de pescadores, adecuando el esfuerzo de captura según condiciones personales y económicas, así como adecuando las zonas de pesca según disponibilidad. Es así como estas pesquerías logran solo un estándar mínimo de manejo, tales como la talla mínima legal de captura, o bien la prohibición de captura de hembras. La experiencia de los pescadores debiese verse reflejada en el manejo de recursos decápodos en general, teniendo impacto en factores adicionales a los ya mencionados como la pesca multiespecífica en las trampas, o su ubicación según sustratos y épocas del año (distribución espacial del stock).

Objetivo específico 3

Para decápodos existe una batería de indicadores que van más allá de los clásicos para peces (como lo es la CPUE) (Miethe *et al.* 2016), los cuales abarcan desde indicadores espaciales o basados en el tamaño individual, hasta aquellos a raíz del conocimiento de los pescadores, pudiendo incluso mezclar indicadores para mayor precisión según el recurso. La información recopilada en el primer taller de trabajo también da cuenta de las falencias de ocupar indicadores como la CPUE, así como los sesgos que presentan las trampas de crustáceos a la hora de capturar individuos (en términos de selectividad, interacción de especies, y tiempos de reposo de cada trampa individual).

En este trabajo se han propuestos distintos índices levantados de la pesquería que pueden guiar acciones de manejo concretas. La idea detrás de esto es identificar índices y seguir sus tendencias en el tiempo en relación con las capturas, y con ello brindar asesoramiento para el manejo pesquero en forma de recomendaciones de captura. Con esto se persigue observar la respuesta del índice a los niveles altos y bajos de captura, y de este modo determinar el impacto de la pesca en la población y estimar los niveles sostenibles de captura. Lo relevante es definir un valor de umbral crítico, como por ejemplo, el valor del índice promedio a largo plazo. De este modo y si el índice cae por debajo de esos valores, entonces se debieran reducir los niveles de captura o esfuerzo de pesca.

Una de las características de estos indicadores es su alta variabilidad, razón por la cual los valores de referencia deberían ser un poco más bajos con el fin de minimizar el error de observación inherente a los datos de terreo. De igual modo, todos los indicadores dependientes de la actividad pesquera deberían ser estudiados con la resolución espacial más pequeña que sea posible, y de este modo mitigar los efectos de hiperestabilidad debido a la rotación de caladeros de pesca. Más recomendable resultaría considerar una mezcla de algunos de ellos que se ajusten de mejor forma a la pesquería, y para cada uno definir valores de referencia. De esta forma se podría elaborar un índice relativo ponderado y con este definir reglas de control de capturas/esfuerzo de pesca.

Por otro lado, y de manera complementaria, se propuso emplear un enfoque mixto basado en los resultados de un modelo de estimación de data pobre basado en tallas, como calibrador/estimación de variables operacionales de referencia. La idea de fondo es traducir los resultados de un modelo de evaluación a un lenguaje sencillo y de fácil comprensión por los usuarios. Por ejemplo, desarrollar un análisis basado en el modelo LBPA o LBSPR y con el valor SPR determinado, establecer por extrapolación el valor de la CPUE o densidad de referencia (e.g. SPR=0.4), bajo el supuesto que estas medidas son directamente proporcionales a la biomasa del recurso. Una mayor atención se debiese poner en indicadores basados en las longitudes, pues la relación con la biomasa no es lineal sino curvada a tasas decrecientes, por lo que grandes variaciones en la biomasa se reflejan en pequeñas variaciones en la talla promedio observada. Al igual que el uso y seguimiento de indicadores de desempeño de la pesquería, todos estos enfoques debieran tener a consideración la escala espacial más pequeña posible.

Objetivo específico 4

Uno de los aspectos más relevantes en las estimaciones de los Puntos Biológicos de Referencia fueron la talla de madurez del recurso y la selectividad de la pesquería. Se evidencio que entre mayor es la distancia entre la talla de madurez y la extracción se podrían aplicar altos de niveles de mortalidad por pesca sin comprometer el tamaño de la población. Sin embargo, un pequeño cambio en la talla de captura implicaría disminuir considerablemente el esfuerzo. Esto deja en evidencia la precaución que se debe tener presente ante un posible cambio en la talla mínima legal, la cual puede comprometer significativamente el estado del recurso.

Otro punto para destacar es la talla de madurez que se debería utilizar para este tipo de recursos, dado que estos se caracterizan por el rol que tiene el macho en el proceso reproductivo con la hembra, el cual debe tener un tamaño suficiente para poder lograr la cópula y, además competir con machos rivales (Jivoff, 1997; Pardo *et al*., 2016). Por otra parte, según lo reportador por Pardo *et al*., (2015) el tamaño del macho tiene una relación directa con la cantidad, calidad y transferencia de las espermas. Esto deja en evidencia que para fines de evaluación se debería

considerar una talla morfológica (funcional) por su importancia en el proceso reproductivo, lo cual implicaría niveles de mortalidad pesca más bajos a comparación si se considerara una talla de madurez fisiológica. Tomando en cuenta la importancia de esto en el manejo y bajo un enfoque precautorio, debería ser un punto para considerar en las evaluaciones de stock que actualmente se realizan.

La relación stock/recluta normalmente es un parámetro desconocido para gran parte de los recursos pesqueros, sin embargo, es un valor sensible y determinante para fines de análisis. Al evaluar los PBR con una resiliencia más baja (h=0.6) a lo que se considera actualmente en la evaluación de stock del recurso centolla y jaiba marmola (h=0.75), se pudo demostrar que los niveles de mortalidad por pesca que permiten alcanzar el Rendimiento Máximo Sostenible es significativamente más bajo a comparación cuando se supone una mayor denso-independencia entre reclutas y desovantes, e incluso menores frente a un cambio de talla de madurez.

Los PBR se estimaron de acuerdo con la mejor información disponible, y considerando las posibles unidades poblaciones de estos recursos en consideración a los trabajos que se han realizado y las recomendaciones de expertos en los talleres de trabajo. Se enfatiza que, para continuar avanzando en esta línea de integrar las particularidades biológicas, ecológicas y pesqueras en la estimación de PBR y en la evaluación stock, es necesario que paralelamente se realicen estudios que permitan robustecer estos análisis, como: estimación de parámetros de crecimiento, conectividad larval, estimación de la talla de madurez, entre otros. Esto se señala particularmente porque la información que se tiene disponible es solo para algunas zonas y suelen ser las más importantes en términos de extracción, un ejemplo de ello son los parámetros de jaiba marmola de la Bahía de Ancud que se ocupan también para evaluar la Región de Aysén, o los parámetros de la jaiba limón que solo se han estimado para la Región de Valparaíso. Por otra parte, la talla de madurez como se vio en este estudio es un factor significativo para el manejo, sin embargo, para algunos recursos como la jaiba limón las estimaciones asociadas a este valor presentan una alta incertidumbre (Olguín *et al*., 2017).

Objetivo específico 5

La unidad espacial de manejo o unidad de stock es determinante a la hora de indicar el tipo de modelo de análisis. A medida que la resolución espacial incrementa, la posibilidad de considerar modelos integrados de data rica disminuye debido a la dificultad de tener datos históricos para ese nivel de escala espacial. En tal sentido, el uso de modelos basados en el análisis de solo composiciones de tallas de las capturas puede ser lo más adecuado (e.j. LBPA, LBSPR, LBB, otros).

En este sentido, el común denominador para la evaluación de la condición de los stocks de los recursos crustáceos demersales en análisis y sus PBR, es la disponibilidad de frecuencias de tallas de las capturas en escalas espaciales acotadas más próximas al concepto de unidades poblacionales. De este modo y con al menos 3-5 años de composiciones de tallas se podrían emplear modelos de análisis como el "Length-Based Pseudo-Cohort Análisis" (LBPA) formulado por Canales *et al.*, (2021), con el fin de generar una estimación del nivel de mortalidad por pesca actual, el nivel de agotamiento poblacional y la mortalidad por pesca de referencia (PBR), elementos suficientes para conducir un plan de manejo local y espacialmente explícito en estos recursos. Es un modelo que actualmente se está aplicando para distintos recursos pesqueros chilenos y en el extranjero, como: el loco, almeja, ostión del sur, sardina austral, centolla, jaiba marmola, langosta verde y roja de Brasil.

Independiente del modelo de análisis, es relevante que los datos que se están considerando sean informativos, en el caso de que esto no se cumpla es recomendable implementar modelos más sencillos que requieran menos fuente de información, con el fin de no llegar a estimaciones sesgadas y lejanas a la realidad. Es por ello que, en particular para el recurso jaiba limón, se recomienda utilizar modelos basados principalmente en datos de captura, como el Optimized Catch Only Method (OCOM) y Catch Maximum Sustainable Yield (CMSY2), solamente en el caso que los datos analizados no cumplan con los criterios y estándar de calidad que se indican en el objetivo 5 de este proyecto para la implementación del modelo LBPA

7. Conclusiones

- Los datos disponibles para cada recurso varían en su cantidad y calidad a nivel local respecto a la distribución geográfica donde se desarrolla la pesquería. Considerando la mejor información disponible (a nivel local) se determinó que en el recurso centolla y a nivel regional existe información de calidad y suficiente para aplicar modelos estadísticos integrado en edad/talla. Los recursos centollón y jaiba marmola presenta ámbitos de menor calidad de los datos en los cuales es posible implementar modelos de equilibrio basados en composiciones de longitudes. La jaiba limón presenta más baja calidad la información debido principalmente a la escases de datos de composiciones de tallas, donde solo es factible implementar modelos basados en datos de capturas y desembarques.

  Sin perjuicio de la mayor o menor disponibilidad de datos, la mayoría de los parámetros de historia de vida de estos recursos han sido determinados en investigaciones previas.

- Para la jaiba mamola, centolla y centollón los Comité de Manejo respectivos han establecido principalmente solo objetivos generales que no han sido asociados a un indicador. Se destaca que el Comité de Manejo de la pesquería de crustáceos bentónicos de la Región de Los lagos, para el recurso centollón, han definido como objetivo "Mantener rendimientos de pesca" y se han definido puntos de referencia para el indicador de CPUE en base al conocimiento ecológico tradicional que reúnen los representantes de la pesca de centolla del CM. Estos son 0,3 kg/trampa (punto de referencia límite) y 1 kg/trampa (punto de referencia objetivo). Sin embargo, aún no han sido contrastados con PBR estimados a partir de procesos de modelación, de modo que no es posible determinar si son consistentes con un nivel de RMS.

- A partir de los talleres de trabajo realizados con los usuarios fue posible determinar 2 principales Puntos de Referencia Empíricos: (i) porcentaje de mega-desovantes en los desembarques y (ii) CPUE (kg/trampa). Para la jaiba limón (Región de Valparaíso), los rendimientos de pesca estarían en torno a 8 kg/trampa pudiendo llegar a obtener más de 20 kg/trampa en algunas faenas de pesca. Respecto al porcentaje de mega-desovantes, en promedio un 20% está por sobre los 15 cm mientras que el 80% restante se encuentra sobre los 13 cm. De acuerdo con la percepción de los pescadores, las estructuras de tallas se han mantenido constante desde el inicio de la pesquería. Para el recurso jaiba marmola (Dalcahue y Bahía de Ancud), actualmente los rendimientos se encontrarían en 6 kg/trampas y con una proporción de megadesovantes de un 35% en invierno y un 20% en

verano. En una condición objetivo el rendimiento deseado es de 7kg/trampa con un 40% de mega-desovantes en invierno y un 30% en verano. Bajo un escenario límite se espera un rendimiento de 3.3 kg/trampa y un porcentaje de mega-desovantes menor al 3%. En el inicio de la pesquería los rendimientos se encontraban en torno a los 15 kg/trampa y con un 70% de mega-desovantes. Para el recurso centolla (mar exterior de la Región de Los Lagos), bajo un escenario límite se espera un rendimiento de 2.5 kg/trampa, mientras que para un escenario actual y objetivo se estima 7.5 kg/trampa. La estructura de tallas se ha mantenido constante en la pesquería con ejemplares entre 10.5 y 12.5 cm.

- De acuerdo con los cuestionarios dirigidos a los pescadores de la pesquería de jaiba marmola Región de Los Lagos, todas las medidas alcanzaron un precio mayor al valor de referencia de ($400). El precio de venta para aceptar la adopción de medidas orientadas a limitar las capturas o el esfuerzo (disminución 30% de las capturas, del 30% de las trampas y veda de un mes en verano) fueron significativamente mayores al precio de venta relacionado con aceptar cambios en las prácticas pesqueras como la modificación del arte mediante la incorporación de tres ventanas de escape en cada trampa.

- La talla de madurez de los recursos y los patrones de selectividad de la pesquería son un factor significativo en la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia. Se concluye que para alcanzar el Redimiendo Máximo Sostenible se deberían aplicar niveles de mortalidad por pesca relativamente bajos cuando la talla de madurez se encuentra por sobre de la talla de extracción. Un pequeño cambio en la selectividad de la pesquería puede implicar cambios significativos en términos de esfuerzo. Un aspecto que tendría que ser considerado ante un cambio en la Talla Mínima Legal (TML) y en los procesos de evaluación de stock, es considerar la talla de madurez morfológica y no fisiológica como se realiza habitualmente.

- Bajo un enfoque precautorio (baja resiliencia y talla de madurez morfológica), los PBR estimados para el recurso centolla en la Región de Magallanes indican que se debería cautelar el 42% de la biomasa desovante aplicando niveles de mortalidad por pesca de F=0.27 en la zona norte, F=0.23 en la zona centro y F=0.26 en la zona sur. Para el recurso centollón de la Región de Magallanes se debería dejar un escape del 44% de la biomasa virginal con niveles de mortalidad por pesca de F=0.31 en la zona centro yF= 0.49 en la zona sur. En el caso de la jaiba marmola, se debería cautelar aproximadamente 42% de la biomasa virginal con niveles de mortalidad por pesca de F=0.14 en Ancud, F=0.12 Dalcahue y F=0.27 en Aysén. Para la jaiba limón de la Región del Biobío, para alcanzar el RMS se tendría que dejar un escape del 43% de BD con un nivel de mortalidad por pesca de F= 0.33.

- Independientemente de las particularidades de cada recurso y su pesquería, se concluye que en estos crustáceos demersales se debe cautelar el escape del al menos el 40% de su respectiva biomasa desovante virginal. Este valor puede ser determinado en la mayoría de los casos analizados a través del análisis de sus composiciones de tallas.

- La vinculación entre la biomasa en el Rendimiento Máximo Sostenible (PBR teórico) y los actuales rendimientos de pesca de la pesquería, se debe realizar por medio de un modelo de estimación del nivel de reducción poblacional actual, a partir del cual y por medio de una extrapolación lineal simple, determinar el rendimiento de pesca en el RMS respecto del nivel de reducción poblacional objetivo (e.j. 40% de la biomasa virginal). Sin perjuicio de esto, se debe verificar la linealidad entre la biomasa explotable y los rendimientos de pesca

- La vinculación de PBR teóricos con los PBR empíricos determinó que prácticamente en todas las zonas evaluadas, según la pesquería, los rendimientos actuales se encuentran por debajo a los que se deberían obtener al alcanzar el RMS, a excepción de la centolla en la zona norte de Magallanes, donde el rendimiento actual (1.27 kg/trampa) es superior a lo que se debería obtener si se alcanzara el RMS (1.06 kg/trampa). En la zona centro y norte, el rendimiento actual se encuentra aproximadamente un 5% y 7% por debajo al nivel de referencia, respectivamente. Para el recurso centollón de la zona sur de la Región de Magallanes se estimó que el rendimiento que se debería observar en las faenas de pesca si se estuviera en el RMS es de 25.68 kg/trampas, levemente superior a la condición actual (24.4 kg/trampa). En el caso de la jaiba marmola, en la zona de Ancud y Dalcahue, los rendimientos actuales (5.5 kg/trampa) deberían ser aproximadamente el doble del actual. Una menor diferencia se presenta en Aysén, donde el rendimiento actual se encuentra un 17% por debajo al valor de referencia. Para la jaiba limón de la Región del Biobío se pudo determinar que los rendimientos al RMS son significativamente superiores (4.3 kg/trampa) a los registros actuales (2.03 kg/trampa).

8. Referencias

Almonacid Rioseco, E., Daza Valdebenito, E., & Hernández Rodríguez, R. (2018). Situación pesquera del centollón Paralomis granulosa, (Hombron & Jacquinot, 1846) (Decapoda: Lithodidae) en Magallanes, Chile y consideraciones para mejorar el futuro manejo de la pesquería. In Anales del Instituto de la Patagonia (Vol. 46, No. 3, pp. 73-80). Universidad de Magallanes.

Anger, K., Lovrich, G.A., Thatje, S. & Calcagno, J.A. (2004). Larval and early juvenile development of Lithodes santolla (Molina, 1782) (Decapoda: Anomura: Lithodidae) reared at different temperatures in the laboratory. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 306: 217-230.

Anger, K., Thatje, S., Lovrich, G., & Calcagno, J. (2003). Larval and early juvenile development of Paralomis granulosa reared at different temperatures: tolerance of cold and food limitation in a lithodid crab from high latitudes. Marine Ecology Progress Series, 253, 243-251.

Bahamonde R., Olguín A., Barahona N., Bernal C., Young Z, Orenzanz J., Montenegro C., Quiroz I, Toledo C. & Baez P. (2006). Monitoreo de la pesquería artesanal de jaibas en la X y XI Regiones. Informe Final Proyecto FIP 2004-16.

Caddy, J. y R. Mahon. (1996). Puntos de referencia para la ordenación pesquera. FAO Doc. Téc. Pesca, 347: 1-109.

Cadrin, S. X., Boutillier, J. A., and Idoine, J. S. (2004). A hierarchical approach to determining reference points for Pandalid shrimp. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 61: 1373-1391.

Canales, C. M., Punt, A. & Mardones, M. (2021). Can a length-based pseudo-cohort analysis (LBPA) using multiple catch length-frequencies provide insight into population status in data-poor situations?. Fisheries Research 234, 105810. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105810

Canales C., Olea G., Espíndola M. (2020). Evaluación de estrategias de manejo para la pesquería de Jaiba marmola (*Metacarcinus edwardsii*) en la Región de Los Lagos, Chile. Reporte ONG Centro Pesca Sustentable.

Canales, C., T. Peñailillo, L. Guzmán, & R. González. (1997). Evaluación indirecta del stock de centolla (Lithodes antarctica) en la XII región. FIP 1995-21.

Castilla, J.C. (1985). Food webs and functional aspects of the kelp, Macrocystis pyrifera, community in the Beagle Channel, Chile. In: W.R. Siegfried, P.R. Condy and R.M. Laws (eds.). Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs. Springer-Verlag, Berlin, pp. 407-414.

Contreras-Reyes, J. E., López Quintero, F. O., & Yáñez, A. A. (2018). Towards age determination of Southern King crab (Lithodes Santolla) off Southern Chile using flexible mixture modeling. Journal of Marine Science and Engineering, 6(4), 157.

ECOS (2020). Evaluación de estrategias de manejo aplicables a la pesquería de jaiba marmola en la Región de Los Lagos. Informe de Taller técnico. 5 de mayo de 2020.

ECOS (2021). Propuesta Plan de Manejo de la Pesquería de Jaiba marmola (*Metacarcinus edwardsii*) en la Región de Los Lagos.

Gelcich, S., Edwards-Jones, G., & Kaiser, M. J. (2007). Heterogeneity in fishers' harvesting decisions under a marine territorial user rights policy. Ecological Economics, 61(2–3), 246–254. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.02.017.

Guzmán, L, E. Daza, C. Canales, S. Cornejo, 1C. Quiroz, M. González. (2004). Estudio biológico pesquero de centolla y centollón en La XII Región. Informe Final. FIP 2002-15. Instituto de Fomento Pesquero. 365 pp.

Hilborn, R., and Stokes, K. (2010). Defining overfished stocks: Have we lost the plot? Fisheries, 35: 113-120.

Hindson, J., D. Hoggarth, M. Krishna, C. Mees and C. O'Neill (2005). How to Manage a Fishery. A simple guide to writing a Fishery Management Plan. Marine Resources Assessment Group (MRAG), London; Centre for Environment Education; Ahmedabad; & Scales Consulting Ltd, London. 81p. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08c90ed915d3cfd00147a/R8468d.pdf

Inostroza, F., Aranda, E., Henriquez, G., Salas, R., Robotham, H., Lizama, G. & R. Toro. (1982). Desarrollo de la pesquería de jaiba (Cancer sp.) V Región. Ubicación (Código IFOP): 820030

Lovrich, G. A., & Vinuesa, J. H. (2016). Biología de las centollas (Anomura: Lithodidae).

Miethe, T., Dobby, H., & McLay, A. (2016). The Use of Indicators for Shellfish Stocks and Fisheries, a Literature Review. Marine Scotland Science.

Muñoz, C., Pardo, L., Henríquez, L. & A. Palma. (2006). Variaciones temporales en la composición y abundancia de cuatro especies de Cancer (Decapoda: Brachyura: Cancridae) capturadas con trampa en bahía San Vicente, Concepción (Chile Central). Investigaciones Marinas, 34: 9–21.

Olguín, A., Pardo, L., Rosas, Y., López, J., Riveros, M., Yañes, A., Ibarra, M., Canales, C. (2017). Actualización de parámetros biológico pesqueros de jaibas en la zona centro sur de Chile. FIPA 2015-39. INFORME FINAL. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Chile.

Pardo, L.M., A. Olguîn, Y. Rosas, J López, M. Riveros, A. Yáñez, M. Ibarra, C. Canales & J. López. (2016). Actualización de parámetros biológico pesqueros de jaibas en la zona centro sur de Chile. FIPA 2015-39. IFOP. Informe Final. 399 pp + Anexos.

Pardo, L. M., J. P. Fuentes, A. Olguín y J. M. Orensanz. (2009). Reproductive maturity in the edible Chilean crab Cancer edwardsii: methodological and management considerations. Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom 89 (8): 1617-1634.

Paschke, K., Cumillaf, J., Chimal, M., Díaz, F., Gebauer, P., & Rosas, C. (2013). Relationship between age and thermoregulatory behavior of Lithodes santolla (Molina, 1782) (Decapoda, Lithodidae) juveniles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 448, 141-145.

Payá, I., C. Canales, D. Bucarey, M. Canales, F. Contreras, E. Leal, R. Tascheri, A. Yáñez, M. Zúñiga, W. Clark, M. Dorn, M. Dunn, C. Fernández, M. Haddon, N. Klaer, M. Sissenwine & S. Zhou. (2014). Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales. Reporte Técnico, Instituto de Fomento Pesquero, 51 pp.

Petriella, A., & Boschi, E. (1997). Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. Investigaciones Marinas Valparaíso, 25, 135-157

Punt, A. E., Campbell, R. A., and Smith, A. D. M. (2001). Evaluating empirical indicators and reference points for fisheries management: application to the broadbill swordfish fishery off eastern Australia. Marine and Freshwater Research, 52: 819-832.

Restrepo, V.R., G.G. Thompson, P.M. Mace, W.L. Gabriel, L.L. Low, A.D. MacCall, R.D. Methot, J.E. Powers, B.L. Taylor, P.R. Wade, y J.F. Witzig. (1998). Technical Guidance on the Use of Precautionary Approaches to Implementing National Standard 1 of the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO.

Retamal, M., Aedo, G., Suárez, C., Montecinos, S., Gacitúa, S., Pedraza, M., Arana, P. (2009). Estado actual del conocimiento de las principales especies de Jaibas a nivel nacional. Fondo Investigación Pesquera, Informes Técnicos FIP. 2007-39. Concepción, Chile

Retamal, M. (1981). Catálogo ilustrado de los Crustáceos Decápodos de Chile. Gayana Zoología, 44: 1–110.

Smith, S. J., Bourdages, H., Choi, J., Dawe, E., Dunham, J. S., Gendron, L., Hardie, D., et al. (2012). Technical guidelines for the Provision of Scientific Advice on the Precautionary Approach for Canadian fish stocks: Section 7 – Invertebrate species DFO Canadian Science Advisory Secretariat. Research Document 2012/117: 1-34.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2022). Estado de Situación de las principales Pesquerías Chilenas, año 2022.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (2014). Informe técnico (R. Pesq.) Nº208/2014 Modificación veda biológica centolla (Lithodes santolla), región de Magallanes y Antártica Chilena, año 2014.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (s. f.). Comités de Manejo. Recuperado 17 de marzo de 2022, de https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-38010.html

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.

Thatje, S., Anger, K., Calcagno, J. A., Lovrich, G. A., Pörtner, H. O., & Arntz, W. E. (2005). Challenging the cold: crabs reconquer the Antarctic. Ecology, 86(3), 619-625.

Worton, C.L., D. Urban, K.M. Swiney, Z. Grauvogel, and S. Byersdorfer. (2010). Size at 319 Physiological Maturity and Minimum Size at Functional Maturity for Male Dungeness Crabs in Alaska Waters. In: Biology and management of exploited crab populations under climate change (eds.), Biology and

Management of Exploited Crab Populations under Climate Change. Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks. doi:10.4027/bmecpcc.2010.14

Wyngaard, J. G., Iorio, M. I., & Firpo, C. (2016). La pesquería del centollón (Paralomis granulosa).

Yáñez, A. (2019). Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2019. Jaiba y Centolla, 2019. Informe Consolidado. Instituto de Fomento Pesquero.

Yáñez, A. (2018). Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2018. Jaiba y Centolla, 2018. Informe Consolidado. Instituto de Fomento Pesquero. 154 pp.

Yáñez, A. (2017). Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2017. Jaiba y Centolla, 2017. Informe Consolidado. Instituto de Fomento Pesquero. 167 pp.

Yáñez, E., V. Espejo, A. González. (1997). Evaluación indirecta de centolla en la X Región. Informe Final Proyecto FIP 96-34. Universidad Católica de Valparaíso. 58 pp.

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., Pascoe, S., Dowling, N., Haddon, M., Klaer, N., Larcombe, I, Smith, ADM., Thebaud, 0., Vieira, S., and Wayte, S. (2013). Quantitatively defining biological and economic reference points in data poor fisheries. Final Report on FRDC Project 2010/044. Canberra, Australia. 307 pp.

9. Anexos

Anexo 1: Acta reunión de coordinación

Acta Reunión de Coordinación FIPA 2021:14: Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos

Con fecha 16 de septiembre de 2021, siendo las 10:14 am, mediante sistema de video conferencia, se inicia la reunión de coordinación del proyecto FIPA 2021-14.

Participantes:

- Aurora Guerrero Correa (SSPA)
- Cristian Canales Ramírez (PUCV)
- Nazareth Sánchez Espinoza (PUCV)
- Nicolás Adasme Lueiza (PUCV)
- Jesús Curiel Pérez (PUCV)

Presentación del proyecto: La profesional Nazareth Sánchez, perteneciente del equipo de trabajo de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) realizó la presentación del plan de trabajo, actividades y metodologías que se van a desarrollar durante el proyecto. El enfoque metodológico como los métodos que serán aplicados fueron explicados para cada objetivo que contempla el estudio, a saber:

Objetivo 1: Establecer las brechas de conocimiento e información de los recursos en las pesquerías de jaibas, centolla y centollón.

Se explica que el proyecto inicia con una búsqueda bibliográfica para cada recurso y pesquería desde el año 1990 hasta el 2019, considerando un límite geográfico desde la Región de Valparaíso hasta la Región de Magallanes. La información recopilada será sistematizada mediante bases de datos construidas en Microsoft Excel, lo que permitirá obtener un contraste de la información disponible con aquella requerida por los modelos y metodologías para la determinación de los PBR. En este sentido, la Srta. Nazareth Sánchez indica que se realizará un primer taller de trabajo en el 4° mes de iniciado el proyecto con el objetivo de revisar y analizar la información recopilada, y así definir las metodologías que se emplearan para la estimación de PBR.

En consideración a la información disponible, la sectorialista de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA), Aurora Guerrero, señaló que los datos del recurso jaiba limón son escasos producto a la dificultad de realizar muestreos en la zona extractiva, mencionando que recientemente se ha realizado un levantamiento de datos en los proyectos de seguimiento bentónico que lleva a cargo el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Al respecto, el jefe de proyecto Cristian Canales, consultó la posibilidad de realizar cambios en cuanto a las especies de análisis, dado que el esfuerzo invertido en la recopilación de datos de la especie jaiba limón quizás no permita un mayor avance. Sin embargo, mencionó que es un desafío interesante el poder avanzar en los análisis de una pesquería con pocos datos, pero enfatizó en la importancia de generar una reunión con el fin de tomar una decisión final al respecto.

En base a lo anterior, Aurora Guerrero recomienda ahondar este tema con el profesional de IFOP Andrés Olguín, quien ha estado trabajando en el último tiempo en los recursos de interés de este estudio.

Objetivo específico 2: Definir y/o establecer el estándar técnico de trabajo para la estimación Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y PBR asociados a éste o de los indicadores afines.

La Srta. Nazareth Sánchez explicó que el cálculo de un PBR depende el tipo de modelo, y a su vez, este depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles. Al respecto, mencionó la importancia del trabajo que se llevará a cabo en el primer objetivo del proyecto, dado que permitirá obtener e identificar todos los datos que se disponen por recurso y pesquería. En cambio, para determinar la calidad de los datos y así establecer el estándar técnico explicó 3 posibles métodos (Restrepo *et al*., 1998; ICES, 2012 y Payá *et al*., 2014), los cuales serán discutidos y definidos en el primer taller de trabajo con la participación del CCT de Crustáceos Demersales, el Comité de Manejo, la SSPA, y algunos usuarios de estas pesquerías.

En cuanto a la participación de actores en las reuniones de trabajo para establecer el estándar técnico, Aurora Guerrero sugiere invitar a los profesionales de IFOP que se encuentren asociados al estudio de recursos bentónicos y crustáceos. Al respecto, indicó que tienen conocimiento del levantamiento de la información, así como los procesos asociados.

Objetivo específico 3: Determinar para cada pesquería los indicadores correspondientes a nivel RMS.

Se señaló que una vez definidos y acordados los PBR para cada recurso, se identificaran diversas variables operacionales y valores de referencia a partir de las reuniones de trabajo y rondas de consulta a expertos. Para ello, la profesional Nazareth Sánchez señaló que se propone un modelo para pesquerías de data pobre publicado recientemente en el año 2021 por el jefe de proyecto Cristian Canales, el cual sólo requiere datos de longitudes e información biológica del recurso para lograr con los objetivos propuestos. Por otra parte, se enfatizó en la importancia que los PBR desarrollados en el proyecto sean coherentes y consistente con los objetivos planteados en los Planes de Manejo, por ende, se realizará una revisión de estos y se llevarán a cabo 2 talleres en el 8° mes de iniciado el proyecto con la participación del Comité de Manejo, usuarios y profesionales de la SSPA. En este sentido, se indicó que se realizará una valorización de posibles medias de manejo considerando su factibilidad de fiscalización y viabilidad de cumplimiento.

La profesional Aurora Guerrero señaló que la región de Magallanes presenta un elevado nivel de pesca ilegal, por lo que habría que prestar especial atención a las reuniones con los usuarios en esta zona. Por otra parte, sugirió extender la invitación a otros investigadores de universidades como Carlos Molinet (Universidad Austral) y Billy Ernst (Universidad de Concepción). Este último por estar liderando un proyecto similar con el recurso Langosta del Archipiélago de Juan Fernández (FIPA 2021-15).

Objetivo específico 4: Determinar por recurso y pesquería los PBR e indicadores de estatus acorde a lo definido en la Ley General de Pesca y Acuicultura.

Se indicó que los modelos de evaluación podrán determinar la condición actual de los recursos, y estos a su vez podrán ser vinculados a niveles de variables operativas de las pesquerías, es decir, homologar PBR teóricos (e.g. 40%B0) con PBR empíricos (e.g. CPUE40%). Para ello, se propone implementar el mismo modelo de data pobre explicado con anterioridad (Canales *et al*., 2021), donde la Srta. Sánchez explica los principales resultados que se obtienen a partir del modelo. Posteriormente, se señaló que en el 11° de iniciado el proyecto se realizará el 4° taller de trabajo con integrantes del CCT de Crustáceos Demersales y profesionales de la SSPA, donde se analizará toda la información y resultados obtenidos durante el

proyecto, y con el fin de establecer para cada una de las pesquerías/recursos objetivos, los respectivos PBR considerando la clasificación de estatus que establece la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA).

El Dr. Cristian Canales señaló que el principal objetivo del proyecto es levantar un estado de condición de los recursos a estudiar (jaiba limón, jaiba marmola, centolla y centollón), para así sugerir el rendimiento de pesca ideal para los pescadores, entablando una relación directa con estos, enfatizando que el foco está en hacer la conexión entre lo empírico y lo computacional. Por su parte, la sectorialista Aurora Guerrero concuerda con lo mencionado por el jefe de proyecto, señalando en la importancia que los usuarios sean parte del estudio y que puedan llegar a entender los resultados, por ende, sugiere al equipo de trabajo participar de las reuniones con los integrantes de los Comités de Manejo, exponiendo de qué trata el proyecto, para que tengan conocimiento en qué se está avanzando y se familiaricen con su participación.

El Dr. Cristián Canales mencionó que se necesitará información más reciente de los muestreos biológicos que realiza IFOP, datos pesqueros, y los rendimientos de las pesquerías, dado que esa información es clave para levantar el estado de situación de los recursos. Aurora Guerrero menciona que los datos pueden ser solicitados directamente con ella, puesto que su equipo posee esas bases de datos.

Objetivo específico 5: Proponer procedimientos alternativos de evaluación de stock y sus requerimientos de datos e información acorde a las características de los recursos y el régimen operacional de la pesquería.

Respecto al último objetivo del proyecto, se explicó que se identificaran modelos/procedimiento de evaluación alternativos mediante la clasificación de la información y reuniones de trabajo, los cuales una vez identificados se desarrollará un documento que entregue de manera sistematizada una propuesta estándar de evaluación para cada recurso y su pesquería. En este punto, se enfatizó que podrían ser tanto modelos para pesquerías de datos limitados como modelos para pesquerías ricas en datos (e.g. Modelo integrado con dinámicas en edades y Modelo integrado con dinámica y observaciones en tallas).

Nazareth Sánchez menciona que una vez finalizados los objetivos, y previo a la entrega del informe final, se realizará un taller de difusión de resultados al 14° mes de iniciado el proyecto para las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Finalmente se detallan las fechas de entregas de informes estipulados por la SSPA, así como los contenidos que debe abarcar cada informe.

En términos administrativos, la sectorialista Aurora Guerrero recuerda al equipo de trabajo que, en casos de cambios de fechas de entrega de informes por algún motivo particular, se debe realizar la solicitud al Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura (FIPA) con anticipación. Por otra parte, señaló que estará atenta a cualquier duda y/o solicitud por parte del equipo de trabajo.

La sesión se da por finalizada a las 10:58 am. La reunión se encuentra disponible en el siguiente link: https://drive.google.com/file/d/15lsp63DGJLFMFPwYHzi3TtovH0lRXV-6/view?usp=sharing.

Anexo 2 : Acta primer taller técnico

Acta primer taller técnico FIPA 2021:14: Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos

Con fecha 24 de marzo de 2022, siendo las 10:05 am, mediante sistema de video conferencia, se da inicio al primer taller técnico del proyecto FIPA 2021-14.

La profesional Nazareth Sánchez integrante del equipo de trabajo del proyecto da la bienvenida a los asistentes y presenta al equipo de trabajo, así como los objetivos del taller y del proyecto en su totalidad a modo general. Posteriormente, el Dr. Cristian Canales procedió a entregar la introducción del proyecto, junto al contexto de las pesquerías, puntos de referencia, el manejo pesquero, y sus medidas de éxito. Al respecto, aclara que el éxito del manejo pesquero debiese estar determinado por definir referencias, estrategias de manejo, e indicadores de desempeño que permitan estos valores con los puntos de referencia establecidos. En este sentido, Gustavo Aedo consulta respecto al punto de vista del pescador en cuando al éxito de la operación de pesca. Señala que las medidas de éxito debiesen estar acorde a lo que los mismos pescadores están habituados, dado que son ellos quienes perciben directamente las variaciones en la pesca del recurso. Cristian Canales agradece la consulta, y menciona que ese rendimiento diario percibido es posible asociarlo a la densidad o abundancia del recurso, y que sería interesante evaluar esos números propuestos por pescadores.

A las 10:22 comienza el profesional Exequiel González a exponer sobre el objetivo específico 1 del proyecto, explicando los contenidos de dicho objetivo, metodología, y dando adelantos de los resultados que serán obtenidos del taller. Se señalaron las fuentes utilizadas para la recopilación de información y la generación de una base relacional, conformada para poder identificar los ámbitos esenciales para su implementación en modelos operativos. Respecto a la búsqueda de artículos científicos, Luis Miguel Pardo consulta por las palabras claves utilizadas, y si se utilizó solamente el nombre científico de cada especie. Andrea Méndez (parte del equipo de trabajo) indica que se presentaron limitantes en la búsqueda de artículos científicos, y que además se descartaron los que involucraban origen en otros países, incluyendo artículos con área de estudio en el Canal Beagle. Luis Miguel Pardo destaca que el Canal Beagle debiese ser considerado, dado que la mitad de la zona es chilena, y que los recursos se mueven, y se compromete a enviar artículos extras que cubren algunos años faltantes.

Posteriormente, Exequiel González presentó un resumen de archivos encontrados para cada especie, asignando categorías de cantidad de información, destacando que hay buena cantidad de información para centolla, y una falta de información particularmente en jaiba limón, además de una tabla resumen con la información disponible para cada ámbito y para cada recurso. Al respecto, Gustavo Aedo consulta si el equipo de trabajo planteó evaluar la naturaleza de la información recopilada, es decir, si no existen sesgos en su origen de obtención. A modo de ejemplo, menciona que algunos pescadores pueden tener una idea sesgada del esfuerzo de pesca al levantar distinta cantidad de trampas diarias, cuando se asume que está regulado y estandarizado (señalando implícitamente que la calidad de datos es dudosa). Exequiel González al respecto explica que no es parte del objetivo ni del proyecto llegar a tal nivel de profundidad, pero que sin embargo el punto planteado es importante a considerar, además que lograr ese tipo de análisis para la cantidad de archivos analizados es poco factible.

Cristian Canales menciona que, si bien para jaiba limón hay pocos estudios, existe la posibilidad de que esos pocos contengan una buena cantidad de información. Exequiel González aclara que la tabla resumen de la información por ámbito permite ver a grandes rasgos lo que Cristian Canales plantea, para dar seguridad de la calidad de información.

Andrés Olguín vuelve a recordar la importancia de buscar artículos científicos considerando los cambios de nombres científicos actuales y anteriores, señalando que la posibilidad de este cambio pueda estar generando un sesgo. Además, respecto a la escasa información de jaiba limón en cuanto a desembarques, menciona que hay que tener precaución con la naturaleza del dato, ya que para este recurso solo se desembarcan las quelas de cada individuo, además que la compra de jaiba limón suele mezclarse con jaiba reina en las cifras de desembarques oficiales, pudiendo enmascarar la realidad.

Eduardo Almonacid menciona que le parece extraño que existan datos de captura de centolla solo para el año del 2019, y que no existan referencias de captura de centollón. Menciona además que la pesquería de centolla opera de distintas formas dependiendo del sector de desembarque, por lo que propone una reunión aparte para poder abarcar las particularidades de cada pesquería para esta especie. Al respecto, se aclara que se hará una re-revisión para buscar y corroborar la disponibilidad de datos de capturas para estas especies.

Miguel Espíndola menciona que sería interesante considerar dentro de los ámbitos la identificación de unidades poblacionales para cada recurso, teniendo en mente los futuros PBR. Nazareth Sánchez menciona que para este caso no se hizo la distinción de unidades poblacionales, sin embargo, se aclara que es un punto importante por discutir a lo largo del proyecto y se realizarán talleres con el fin de obtener dicha información. En este contexto, Luis Miguel Pardo aclara que la situación de los decápodos es bastante diferente a la de peces en cuanto a la obtención de PBRs, por lo que deben plantearse y recopilarse información dedicada a los crustáceos decápodos, con énfasis en conectividad espacial, biología reproductiva, y reclutamiento.

Siendo las 11:10, se procede a un receso de 10 minutos.

A las 11:20 el Dr. Cristian Canales presenta el objetivo específico 2, entregando una introducción y metodología correspondiente a la estimación de PBR y sus enfoques, mencionado que el enfoque mixto (basado tanto en modelos de análisis como en acuerdos empíricos). Se destaca la importancia de acordar y consensuar un nivel de manejo que permita dar pie a los modelos a emplear, haciendo uso de los PBR acordados. En cuanto a los PBR, Cristian Canales menciona que, para poder lograr estas definiciones, es necesario acordar la calidad de datos de cada pesquería (si es por ejemplo data rica o pobre). Además, señala que existen particularidades de la calidad de los datos que dependen en parte de la escala espacial considerada, donde una base de datos puede ser rica para una región, pero a nivel de localidad es data pobre. Por tanto, desde un enfoque mixto, se busca la escala espacial que permita aplicar el mejor modelo. Al respecto, Gustavo Aedo da cuenta de las diferencias a nivel local para las pesquerías de jaiba, particularmente para jaiba marmola, mencionando que esas particularidades locales son las que influyen en la toma de decisiones de los usuarios ya sea en el cambio de zonas o cambio en el esfuerzo aplicado. Cristian Canales concuerda en que la experiencia local es información valiosa como insumo, y que los puntos clave se centran en la disponibilidad de recursos y la accesibilidad de la pesquería.

Finalizada la presentación a las 11:40, se procede a la discusión del taller y comentarios de los participantes.

Cristian Canales plantea que la conservación y sostenibilidad de una pesquería se debe de manera natural a los refugios que habitan. En aspectos de resiliencia de los recursos, Gustavo Aedo señala que el arte de pesca y lo que conlleva, impide cubrir la totalidad de la distribución batimétrica, y por tanto habrá zonas resguardadas. Además, menciona que los pescadores realizan una selección de talla y peso a bordo que también aporta a la selectividad de la pesquería. Andrés Olguín menciona que está de acuerdo con lo señalado con Gustavo Aedo, y consulta si se ha considerado la conversación con los pescadores, dadas las particularidades de cada pesquería, así como de cada zona. Además, se agrega un factor económico de cada pescador, que influye dentro de su esfuerzo de captura. Andrés menciona que, desde su experiencia, se ha trabajado tanto a escalas espaciales pequeñas, como en macrozonas, y aconseja trabajar con polígonos de pesca en la zona de Magallanes, dada su amplia distribución y cantidad de procedencias. Por último, recuerda la importancia de utilizar vocabulario menos técnico, con el fin de que los usuarios y personas lejos de las ciencias puedan comprender.

Luis Miguel, en relación con las alternativas de estimadores de PBR, consulta sobre la posibilidad de ocupar otro tipo de indicadores más allá de la CPUE, tales como procesos de fecundidad u otros indicadores biológicos. Señala además que el ocupar trampas como esfuerzo o indicadores de abundancia pueden no ser la mejor opción, ya que presentan sesgos. Cristian Canales aclara que en la propuesta se habla de CPUE como un primer ejemplo, pero que se avanzará en buscar aquel indicador que refleje de mejor manera el estado en que se encuentra el recurso. Luis Miguel señala, que es necesario tener en consideración las interacciones biológicas que se puedan dar en las trampas. Al respecto, Mauricio Ahumada indica que existe un efecto de saturación en las trampas donde los individuos que ingresan primero impiden el ingreso del resto.

Gustavo Aedo menciona que las pesquerías de jaiba marmola en la región de Aysén suelen ser normalmente monoespecíficas, con poca captura incidental. Pero esto es distinto en Punta Lavapié, donde la ubicación de la trampa hace que cambie enormemente la composición de especies. Señala que una buena alternativa es comparar la densidad local muestreada por buceo frente a las capturas tomadas por trampas, aun sabiendo que hay un tiempo de reposo que considera horarios nocturnos.

Andrés Olguín señala indica que, en la Región de Los Lagos, los pescadores saben en qué sectores o sustratos la pesquería de jaiba marmola es monoespecífica, y que normalmente usan las trampas como indicadores de esfuerzo. Cristian Canales agradece los comentarios y sugerencias, y menciona que sería ideal poder generar visitas a las zonas de pesca o generar reuniones con equipos de IFOP u otros.

Dentro del chat de la plataforma Zoom, Pablo Araya (IFOP) menciona que un buen indicador es el ingreso por viaje de pesca traducido al rendimiento.

Claudio Vargas (Dirección zonal de Magallanes) menciona que la pesquería de centolla es la más industrializada en términos de las dimensiones, embarcaciones y de los artes de pesca. Señala que las embarcaciones de mayor tamaño están capturando a cotas más profundas con trampas más grandes.

Nazareth Sánchez aclara que el proyecto tiene una implicancia directa al manejo de estos recursos, es por ello que se busca reunirse tantos con científicos como con usuarios y administradores, con el fin de establecer puntos de referencia y objetivos de manejo acordados y aceptados, y así garantizar en el largo plazo su cumplimiento.

Aurora Guerrero (SSPA) menciona que, sin el entendimiento de los usuarios, todos los PBR y medidas de manejo acordados a lo largo del proyecto, no servirán y será un trabajo que no ayudará al manejo. Señala

que quizás se deba trabajar con el comité de manejo y otros usuarios, y propone coordinar una reunión y presentación para conectar con usuarios.

Andrés Olguín menciona que hay que tener cuidado con la ilegalidad de los pescadores en cuanto al desembarque de estos recursos, tales como el desembarque de quelas de jaiba limón.

Siendo las 12:16, Cristian Canales despide y agradece a los participantes y al equipo de trabajo.

La grabación del taller se encuentra a disposición en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1-DOqbGN6mJiJ4GCiEwh4Tes0KdpIlOWS?usp=sharing

Anexo 3: Invitación y agenda del primer taller técnico

INVITACION

Como parte de las actividades del proyecto **FIPA 2021-14 "Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos"** que desarrolla el laboratorio DIMARE de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, se hace necesario revisar los datos y antecedentes recopilados en el marco de este proyecto para las pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón, con el objetivo de definir las metodologías que se emplearán para el establecimiento de los Puntos Biológicos de Referencia.

En este sentido y dada su experiencia en este tipo de recursos, nos complacería contar con su participación en un taller de trabajo de modalidad virtual, a realizarse el día **24 de marzo entre las 10:00 y 12:30 hrs**.

Agradeciendo su atención y esperando contar con su asistencia, le saluda atentamente

Cristian Canales Ramírez
Jefe de proyecto

Link de acceso: https://pucv-cl.zoom.us/j/95049345289?pwd=UmNDUWZvUC9sb3huUldYV01nM1pEQT09

Agenda 1° Taller Técnico FIPA 2021-14: Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos.

Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Jueves 24 de marzo de 2022

Objetivo: Revisión de los datos y antecedentes recopilados para las pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón. Definición de la metodología que se empleará para el establecimiento de los Puntos Biológicos de Referencia (PBR).

Link de acceso: https://pucvcl.zoom.us/j/95049345289?pwd=UmNDUWZvUC9sb3huUldYV01nM1pEQT09

Horario	Temas	Responsables
10:00 - 10:15	• Inicio de la videoconferencia • Bienvenida e Introducción al taller	Cristian Canales Ramírez
10:15 - 10:30	• Presentación del proyecto y objetivos	Cristian Canales Ramírez
10:30 - 11:00	• Presentación de resultados Datos y antecedentes recopilados para las pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón.	Exequiel González Poblete
11:00 - 11:30	• Discusión de resultados	
11:30 - 11:40	*Pausa (10 min)*	
11:40 – 12:00	• Presentación de propuestas metodológicas para el establecimiento de PBR	Cristian Canales Ramírez
12:00 – 12:30	• Discusión y definición de metodología	
12:30	• Cierre de taller	Cristian Canales Ramírez

Anexo 4. Claves, ámbitos y atributos para facilitar la búsqueda de archivos e información.

N°	CLAVE	N°	CLAVE
1	Aspectos técnicos y operacionales	11	Aspectos reproductivos
2	Indicadores biológicos y pesqueros	12	Aspectos comerciales
3	Desembarques	13	Estructura genética
4	Muestreos	14	Enfoque ecosistémico
5	Captura y esfuerzo	15	Aspectos normativos
6	Fauna acompañante	16	AMERB
7	Captura incidental	17	Empleo
8	Composición talla	18	Evaluación indirecta
9	Dinámica poblacional	19	Distribución geográfica
10	Carnada	20	Acuicultura

Ámbito	Atributo
Índices de abundancia	1.- Rendimientos de pesca (captura por unidad de esfuerzo: e.g. kg/trampa, kg/hora de buceo)
	2.- Estimaciones de densidad poblacional
Desembarques	1.- Desembarques por puerto/región
	2.- Desembarques por procedencia
Capturas	1. Capturas por embarcación georreferenciada
	2. Capturas por zona
Medidas de esfuerzo de pesca	1.- Días de pesca
	2.- Viajes
	3.- Número de trampas
	4.- Tiempo de reposo de trampas
	5.- Horas de buceo
	6.- Número de embarcaciones
	7.- Número de pescadores/buzo
	8.- Ubicación georreferenciada
	9.- Profundidad de trabajo
Composiciones de longitudes	1.- De los desembarques
	2.- De las capturas
	3.- Composición por sexo
Información de peso	1.- De los desembarques
	2.- De las capturas
	3.- Composición por sexo
Variables biológicas	1.- Seguimiento peso-talla
	2.- Seguimiento de indicadores reproductivos (e.g. portación de huevos)
Parámetros biológicos	1.- Estudios de crecimiento (parámetros de crecimiento: talla asintótica; K; L0; L infinito; To ; índice de fulton)
	2.- Estimados de mortalidad natural
	3.- Estudios de fecundidad a la talla
	4.- Estudios de proporción de madurez a la talla/ Talla de primera madurez

Anexo 5: Lista de participantes al primer taller técnico

Nombre	Institución
Maria Angela Barbieri Bellolio	CCT Crustáceos Demersales
Miguel Espíndola	Centro de Investigación ECOS
Gonzalo Olea	Centro de Investigación ECOS
Gustavo Aedo Urrutia	Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia
Madeleine Hamamé	Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia
Claudio Vargas	Dirección Zonal de Pesca Magallanes
Pablo Araya	Instituto de Fomento Pesquero
Maximiliano Zilleruelo	Instituto de Fomento Pesquero
Andrés Olguín	Instituto de Fomento Pesquero
Juan Carlos Quiroz	Instituto de Fomento Pesquero
Eduardo Almonacid Rioseco	Instituto de Fomento Pesquero
Jesús Eduardo Curiel Pérez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Nicolás Adasme	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Cristian Canales	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Nazareth Sánchez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Exequiel González	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Mauricio Ahumada	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Andrea Méndez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Andrea Salinas	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Guisella Muñoz	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Aurora Guerrero Correa	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Luis Miguel Pardo	Universidad Austral de Chile

Anexo 6. Acta reunión de coordinación de trabajo

Acta Reunión de Coordinación de trabajo FIPA 2021:14: Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos

Con fecha 2 de marzo de 2022, siendo las 10:00 am, mediante sistema de video conferencia, se inicia la reunión de coordinación del proyecto FIPA 2021-14.

Participantes:

- Aurora Guerrero Correa (SSPA)
- Guisella Muñoz (SSPA)
- Cristian Canales Ramírez (PUCV)
- Nazareth Sánchez Espinoza (PUCV)
- Nicolás Adasme Lueiza (PUCV)
- Jesús Curiel Pérez (PUCV)
- Miguel Espíndola (Ecos)
- Camila Pavés (Ecos)

Resumen de acuerdos y compromisos:

1. La pesquería de jaiba marmola cuenta con una definición en borrador de objetivos operativos, los cuales podrían tenerse en cuenta para los procesos de modelación. En tanto, en las pesquerías de centolla, centollón y jaiba limón aún no han sido discutidos estos objetivos. Por tanto, el proyecto permitirá hacer recomendaciones a los CM en funcionamiento respecto de los objetivos operativos que podrían ser definidos en estas pesquerías y conjuntamente apoyar el desarrollo de una mayor comprensión de la utilidad que tienen estos objetivos en el manejo y en la sostenibilidad.

2. Se acuerda realizar una presentación breve (15 min) en las sesiones de abril 2022, tanto en el CM de crustáceos bentónicos de Los Lagos, como en el de Magallanes. En esta presentación se abordará el alcance del proyecto y como podría aportar este trabajo de diseño de los PM que está realizando cada uno de los CM. Junto con ello, se aprovechará la instancia para definir jornadas de trabajo que permitan definir PBR empíricos y medidas aplicables a la pesquería.

3. La fecha de las sesiones indicadas en el punto 2, serán comunicadas por la unidad de crustáceos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

La sesión se da por finalizada a las 10:40 am.

Anexo 7. Solicitud de datos biológicos-pesqueros

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y GEOGRAFÍA
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

Valparaíso, 03 de enero de 2022

Señor
Luis Parot Donoso.
Director Ejecutivo.
Instituto de Fomento Pesquero.
PRESENTE

REF: Solicitud de datos biológicos-pesqueros
Proyecto: FIPA 2021-14.

De mi consideración:

Junto con saludar, y en el marco del proyecto FIPA 2021-14: **"Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos"** que está desarrollando la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, me dirijo a usted para solicitar su gestión a fin de disponer información biológica y pesquera de los recursos: jaiba limón (desde Valparaíso hasta el Biobio), jaiba marmola (Región de Los Lagos hasta Región de Aysén), centolla (Región de Aysén hasta Magallanes) y centollón (Región de Aysén hasta Magallanes). En particular, los datos requeridos corresponden a las bases de datos de los últimos cinco años de las respectivas pesquerías:

1.- Muestreos biológicos por procedencia
2.- Muestreos de longitudes por procedencia
3.- Datos operacionales de las pesquerías (Captura o desembarque y esfuerzo de pesca) por procedencia

Esperando una favorable acogida a la presente y aprovechando de desearle un exitoso 2022, se despide muy atentamente.

Dr. Cristian Canales Ramírez
Jefe de proyecto

Anexo 8. Invitación y agenda a los talleres de trabajo en el marco del objetivo específico 4

INVITACION

Como parte de las actividades del proyecto **FIPA 2021-14 "Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos"** que desarrolla el laboratorio DIMARE de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, se hace necesario para la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) considerar e incorporar aspectos claves de la biología y ecología de los recursos jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón.

En este sentido y dada su experiencia en este tipo de recursos, nos complacería contar con su participación en un taller de trabajo enfocado en la evaluación y estimación de PBR para crustáceos bentónicos. La actividad será en modalidad virtual, a realizarse los días **4 y 6 de julio, desde las 09:00 a 11:30 hrs**.

Agradeciendo su atención y esperando contar con su asistencia, le saluda atentamente

Cristian Canales Ramírez
Jefe de proyecto

Link de acceso: https://pucv-cl.zoom.us/j/94255495263?pwd=YlZESjh1TDBuamV6WG1FTXhESmJpQT09

INVITACION

Cristian Canales Ramírez, académico de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y jefe de proyecto del **FIPA 2021-14 "Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos"**, saluda muy cordialmente a usted y tiene el agrado de invitarlo (a) a participar en un taller de trabajo que tiene como objetivo establecer los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) para cada una de las pesquerías/recursos de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón, considerando la clasificación del estatus que establece la Ley General de Pesca y Acuicultura.

La actividad se llevará a cabo el día **jueves 29 de septiembre** desde las **10:00 a 11:30 horas** en modalidad virtual (plataforma Zoom).

Agradeciendo su atención y esperando contar con su asistencia, le saluda atentamente

Cristian Canales Ramírez
Jefe de proyecto

Link de acceso: ***https://pucv-cl.zoom.us/j/98681874034?pwd=aDM5bDJXVWY4ckw1UCsyc1NKQjhoZz09***

Agenda 2° Taller de trabajo FIPA 2021-14: Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos.

Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Lunes 4 y miércoles 6 de julio de 2022

Objetivo: Discusión y definición de aspectos biológicos, ecológicos y pesqueros relevantes para la estimación de los Puntos Biológicos de Referencia (PBR) para las pesquerías de jaiba marmola, jaiba limón, centolla y centollón.

Link de acceso: https://pucvcl.zoom.us/j/94255495263?pwd=YlZESjh1TDBuamV6WG1FTXhESmJpQT09

- ***Día 4 de julio***

Horario	Temas
09:00 - 09:20	• Inicio de la videoconferencia • Bienvenida e Introducción al taller
09:20 – 10:00	• Discusión y definición de aspectos biológicos
10:00 – 10:40	• Discusión y definición de aspectos ecológicos
10:40 - 11:20	• Discusión y definición de aspectos pesqueros
11:20 – 11:30	• Cierre del Taller

- ***Día 6 de julio***

Horario	Temas
09:00 - 09:20	• Inicio de la videoconferencia • Presentación resumen de lo acordado y definido en la sesión previa
09:20 – 10:00	• Presentación de resultados de acuerdo a lo insumos (biológicos, ecológicos y pesqueros) sugeridos en la sesión previa
10:00 – 11:00	• Revisión y discusión de resultados
11:00 - 11:30	• Cierre del taller

Este estudio busca establecer PBR realistas, alcanzables y coherentes con las particularidades de las especies objetivo, es por ello que esta actividad está enfocada en definir los principales aspectos a incorporar en el modelo de análisis. A continuación, se muestra un ejemplo de los principales temas a discutir:

Ámbito	Fuente de información
Biológico	1.- Relación stock/recluta (Beverton y holt v/s Ricker) 2.- Mortalidad natural (M) y longevidad 3.- Parámetros de crecimiento (¿Debe ser por sexo, poblacional o proporcional?) 4.- Relación peso-talla 5.- Proporción macho:hembra (para fines reproductivos) 6.- Madurez, L50m y L95m (¿Debe ser considerada la madurez biológica o fisiológica?) 7.- Época reproductiva 8.- Proporción de mega desovantes 9.- ¿Existe un agotamiento de la carga espermática con la edad y número de cópulas? 10.- ¿Los PBR deben ser estimados por sexo y posteriormente uno poblacional?
Ecológico	1.- Conectividad larval (efecto sobre R) 2.- Relaciones tróficas inter-específicas (efecto sobre M)
Pesquero	1.- Selectividad (L50c), talla mínima legal de extracción 2.- Captura de machos y hembras no ovígeras 3.- No linealidad del SPR v/s biomasa explotable por recluta 4.- Vedas

Anexo 9. Acta taller de trabajo en el marco del objetivo específico 4

Acta taller técnico FIPA 2021:14: Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos

Con fecha 29 de septiembre de 2022, siendo las 10:10 am, mediante sistema de video conferencia, se da inicio al taller técnico del proyecto FIPA 2021-14.

Se da por iniciado el Taller de trabajo, titulado "Propuesta de Marco Biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos" en conjunto con miembros del Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales y profesionales de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

El Dr. Cristian canales comienza entregando el contexto del proyecto, señalando que el taller se centrará en el objetivo específico 4 del proyecto: "Determinar por recurso y pesquería los PBR e indicadores de estatus acorde a lo definido en la Ley General de Pesca y Acuicultura". Señala que, como equipo de trabajo, se está apuntando a buscar puntos de referencia operacionales, a través de conocer la percepción del pescador y juntar esto con los resultados matemáticos que deriven de los análisis.

Respecto a la pesquería de los recursos tratados y el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), el Dr. Canales menciona que es posible encontrar la máxima productividad de un recurso de manera sostenible en el tiempo, ubicándose en un rango de disminución con respecto a la biomasa virginal (B0) y que, por tanto, es posible entregar un rango de plena explotación referido al rendimiento máximo sostenible. Señala que los determinantes de los PBR son la selectividad, resiliencia del recurso, crecimiento y mortalidad natural, y por último, la madurez a la edad o la talla.

Posteriormente, Nazareth Sánchez del equipo DIMARE presenta los resultados del objetivo específico 4, enfocado en los puntos biológicos de referencia obtenidos para los 4 recursos de estudio. Menciona que fueron utilizadas diversas fuentes para obtener la totalidad de parámetros requeridos para el modelo utilizado. Señala que para todos los recursos se realizaron 3 escenarios de steepness (0.6, 0.75, 1.0) por recurso y por zona.

Para jaiba marmola, los análisis fueron realizados para la bahía de Ancud, Dalcahue, y Aysén, con el fin de ser consistentes con los últimos trabajos de IFOP. Nazareth menciona que, con un steepness de 0.75, el caso de Aysén es particular, ya que no se logró estimar un nivel de F máximo, puesto que la talla de extracción se encuentra muy por sobre la talla de madurez del recurso. En cuanto a las tallas de madurez usadas (fisiológica vs morfológica), indica que la mortalidad por pesca es mucho más sensible a esta variable que la biomasa.

Para jaiba limón, se menciona además de los parámetros obtenidos por literatura, se utilizaron valores de selectividad y pendiente a partir del modelo LBPA (en caso de la Región del Biobío) y a partir del taller de trabajo realizado anteriormente con usuarios de la pesquería (en caso de la Región de Valparaíso). Solo se obtuvieron resultados para la Región del Biobío, los cuales indican que debiesen aplicarse valores de F de 0.55 con un steepness de 0.6, con el fin de cautelar un 43% de la pesquería. Respecto a los análisis con talla morfológica, esta fue supuesta dado que no se encontraron valores en literatura.

Para el centollón, al igual que con la jaiba limón se ocupó tanto un conjunto de parámetros de la literatura, como valores estimados para la talla de selectividad y la pendiente a partir del modelo LBPA, esto para zonas definidas según los reportes de IFOP. Nazareth menciona que al hacer uso de una talla morfológica (57 mm) como talla de madurez, si es posible encontrar todas las soluciones del modelo, los cuales, si bien no afectarían finalmente en los niveles de biomasa, sí disminuirían los valores de Frms.

Por último, para la centolla se ocupó el conjunto de parámetros de crecimiento que utiliza IFOP en su evaluación de stock, así como estimados a partir de LBPA. La talla morfológica supuesta fue de 110 mm, y no afectaría los niveles de Brms.

Posteriormente, el Dr. Cristian Canales retoma para hablar de los cálculos de niveles de agotamiento que debiesen observarse teóricamente para poder empatarlos con los rendimientos actuales. Menciona que el último paso por realizar es enlazar entre los puntos biológicos de referencia obtenidos, con el sector y actividad pesquero. El Dr. Canales destaca que los cálculos se recogen de la percepción de los usuarios frente a la pesquería.

finalmente, Nazareth señala las conclusiones generales de los resultados obtenidos. Destaca que los niveles de mortalidad por pesca para alcanzar el RMS disminuyen si la relación stock/recluta es mayor (hay mayor denso-dependencia), y si la talla de extracción está más cercana a la talla de madurez. En resumen, Nazareth señala que, para todos los recursos, se debiese cautelar entre un 41% y 44% de la biomasa de RMS, siendo los valores de mortalidad por pesca a aplicar variables entre recursos, y entre zonas de pesca.

Siendo las 10:49, se da el espacio a las preguntas de los asistentes.

Rubén Alarcón pregunta si se consideró solamente la talla estimada para Aysén o la de Ancud para el recurso jaiba marmola. Nazareth señala que hay tallas de madurez distintas por zona, con el fin de sacar el máximo partido de la información disponible.

Paulo Mora destaca la relevancia de usar una talla funcional vs la talla fisiológica. Respecto a la talla de madurez morfológica, menciona que tiene mucho sentido el actual estado del recurso jaiba marmola respecto al año 2011 (cuando se bajó la talla de 110 mm a 120 mm), señalando que la talla de extracción mínima para la zona de Chiloé no estaría siendo la adecuada.

Nazareth también señala la importancia de los cambios en la talla de selectividad tienen importantes impactos en el manejo de estos recursos. Gonzalo Olea menciona que anteriormente, cuando la TML era mayor (120 mm), había una mayor tasa de incumplimiento de capturas sobre la talla, y que cuando esta talla se bajó, la selectividad se asemejó más a un tipo “filo de cuchillo”, capturando individuos de exactamente 110 mm hacia arriba.

En este sentido, Miguel Espíndola menciona que, en múltiples conversaciones con los jaiberos de Chiloé, ellos ven el hecho de haber fijado la talla mínima legal en 110 fue un acierto, por lo que se ve muy difícil realizar un cambio en esta talla. Miguel plantea que un mejor enfoque sería conversar el tema del escape de recursos, dado que cambiar la TML no sería la mejor estrategia en términos del sector pesquero.

Eduardo Almonacid indica que, a final de cada temporada, la probabilidad de capturar machos grandes va disminuyendo. En este sentido, menciona que algunos autores sugieren capturar hembras de cierta talla hacia arriba para equiparar esta disminución de captura por temporada. Al respecto, Cristian Canales señala que eso podría no tener un buen impacto, dada la biología de estos recursos, señalando que el

hecho de dejar escapar a los más grandes es más una idea romantizada, y no efectivamente posible y de gran impacto.

Respecto a la captura de hembras, Guisella Muñoz señala que en Magallanes tienen un gran problema de captura ilegal, y que capturar hembras sería añadir un problema más a la situación.

En cuanto a los resultados totales del proyecto, Cristian Canales propone que para el taller de difusión se mande invitación a la gente del INIDEP (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero) de Argentina, para entregar su experiencia respecto al escape de individuos grandes.

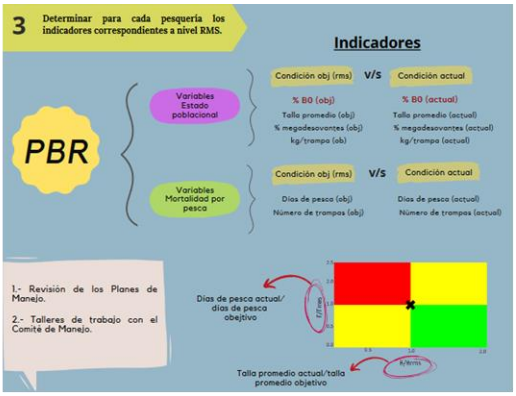
Guisella menciona que las medidas a implementar deben ser de manera gradual y no directo, ya que existe el riesgo de que los pescadores, con el poder que tienen, puedan simplemente rechazar cualquier medida sin posibilidad de negociación. Cristian señala que lo mejor sería que los compradores sean quienes coloquen condiciones para poder llegar a acuerdos. Sin embargo, Rubén indica que poner esto en práctica es muy difícil, puesto a como están constituidas las comunidades de pescadores.

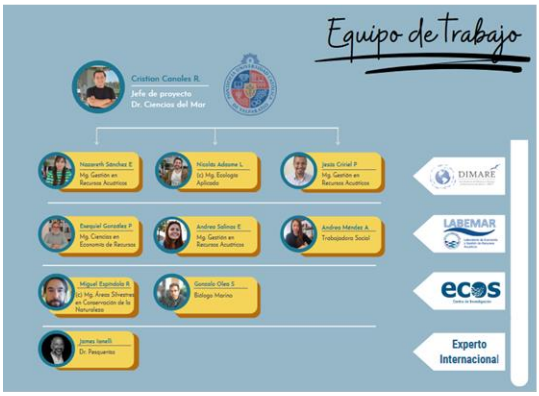
Miguel señala que los pescadores tienen intenciones de incorporar medidas, pero falta poder integrar esto con el resto de los pescadores. Indica además que en estas pesquerías hay un enorme esfuerzo potencial, en el sentido de que hay gran cantidad de embarcaciones que no salen.

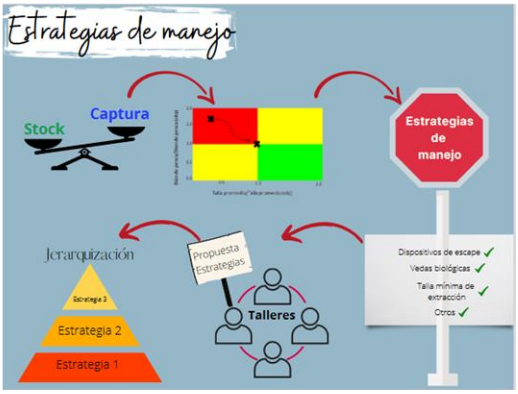
Siendo las 11:23, a modo de cierre Cristian Canales da las gracias a los asistentes por sus aportes y recomendaciones.

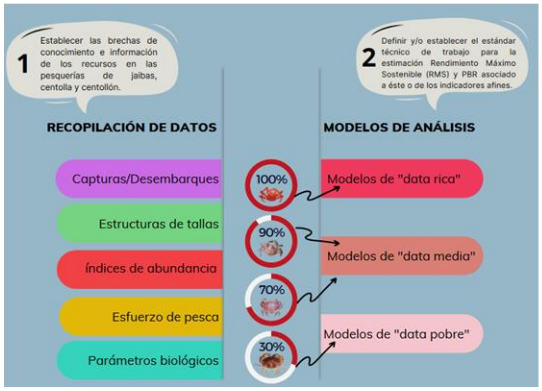
Nombre	Institución
Paulo Mora	Instituto de Fomento Pesquero
Rubén Alarcón	Representante CCT
Eduardo Almonacid Rioseco	Instituto de Fomento Pesquero
Maximiliano Zilleruelo	Representante CCT
Miguel Espíndola	Centro de Investigación ECOS
Gonzalo Olea	Centro de Investigación ECOS
Jesús Curiel Pérez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Nicolás Adasme	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Cristian Canales	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Nazareth Sánchez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Guisella Muñoz	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Anexo 10. Presentaciones realizadas a los Comité de Manejo









Anexo 11. Cuestionario acerca del desempeño de la pesquería de centolla y centollón en la Región de Magallanes

1. Introducción al cuestionario

El presente cuestionario es parte de las actividades desarrolladas en el marco del proyecto FIPA 2021-14 "Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos", el cual está siendo desarrollado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

El presente cuestionario está dirigido a pescadores artesanales y otros actores de la cadena de valor que conozcan el desarrollo histórico de las pesquerías de centolla y centollón y cuenten sean experimentados, tanto en la realización de faenas de pesca como en su procesamiento. El principal objetivo es conocer la percepción de los principales actores de la pesquería acerca del estado en que se encuentran los recursos centolla y centollón a fin de contrastar los resultados obtenidos en el proyecto con la percepción de las personas derivada de su experiencia al estar que están en permanente contacto con los recursos.

El enfoque del proyecto no solamente considera modelos tradicionales de evaluación de poblaciones, sino que pone en valor el conocimiento empírico de los usuarios, es por esto que para nosotros toda respuesta que provenga de su experiencia es altamente valiosa para nuestro propósito.

El cuestionario es anónimo y los resultados obtenidos serán usados exclusivamente para fines de investigación. De todas maneras, los resultados podrán ser útiles para que el Comité de Manejo de Crustáceos Bentónicos de Magallanes pueda analizar y tomar decisiones para la gestión de la pesquería.

2. Consultas asociadas a centolla

2.1. Indique que tamaño de centolla (largo de caparazón) considera “grandes” y son asociados a una buena pesca. Para ello piense en aquellos ejemplares que aparecen habitualmente en las capturas, pero en poca cantidad.

13 cm 14 cm 15 cm 16 cm

Indique el tamaño de los ejemplares grandes aquí……

2.2. Las siguientes preguntas están orientadas a conocer <u>la condición actual</u> de la pesquería de centolla, para ello tomaremos la temporada del año 2021 como referencia. <u>Sabemos que la pesquería es variable, pero le pedimos puedan pensar en una condición habitual de pesca.</u>

En promedio, ¿cuántos kilos por cada trampa extrajo en el año 2021?	¿cuál es el porcentaje de ejemplares “grandes” que aparecieron en las capturas durante el año 2021?
----------	----------

2.3. Las siguientes preguntas están orientadas a conocer <u>la condición deseada</u> por usted considerando una situación realista, para ello le pedimos se ponga en el escenario de un buen día de pesca.

¿cuántos kilos por trampa usted considera que es una buena captura?	¿qué porcentaje de ejemplares “grandes” en las capturas considera usted como una condición ideal?

---------- ----------

2.4. Las siguientes preguntas están orientadas a conocer <u>la condición límite o indeseada</u> por usted, para ello le pedimos se ponga en el escenario de un mal día de pesca. Considere una condición que desincentivaría salir a la pesca.

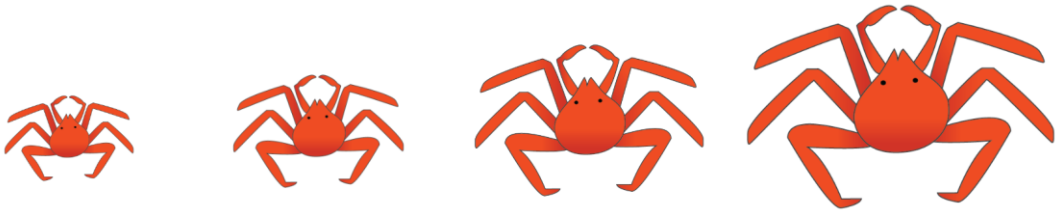
¿cuántos kilos por trampa usted considera que se corresponden con un mal día de pesca?	¿qué porcentaje de ejemplares "grandes" en las capturas considera usted como una condición indeseada?
----------	----------

2.5. Las siguientes preguntas están orientadas a conocer <u>la condición original o cuando la pesquería recién comenzaba a realizarse</u>, para ello le pedimos se remonte a sus primeras experiencias en la pesquería y/o a los relatos de pescadores con más años de experiencia.

¿cuántos kilos por trampa estima usted que se podían extraer en los comienzos de la pesca de centolla?	¿qué porcentaje de ejemplares "grandes" aparecían en las capturas de centolla en los comienzos de la pesquería?
----------	----------

3. Consultas asociadas a centollón

2.6. Indique que tamaño de centollón (largo de caparazón) considera “grandes” y son asociados a una buena pesca. Para ello piense en aquellos ejemplares que aparecen habitualmente en las capturas, pero en poca cantidad.



Indique el tamaño de los ejemplares grandes aquí……

2.7. Las siguientes preguntas están orientadas a conocer <u>la condición actual</u> de la pesquería de centollón, para ello tomaremos la temporada del año 2021 como referencia. <u>Sabemos que la pesquería es variable, pero le pedimos puedan pensar en una condición habitual de pesca.</u>

En promedio, ¿cuántos kilos por cada trampa extrajo en el año 2021?	¿cuál es el porcentaje de ejemplares “grandes” que aparecieron en las capturas durante el año 2021?
----------	----------

2.8. Las siguientes preguntas están orientadas a conocer <u>la condición deseada</u> por usted considerando una situación realista, para ello le pedimos se ponga en el escenario de un buen día de pesca.

¿cuántos kilos por trampa usted considera que es una buena captura?	¿qué porcentaje de ejemplares “grandes” en las capturas considera usted como una condición ideal?
----------	----------

2.9. Las siguientes preguntas están orientadas a conocer la condición límite o indeseada por usted, para ello le pedimos se ponga en el escenario de un mal día de pesca. Considere una condición que desincentivaría salir a la pesca.

¿cuántos kilos por trampa usted considera que se corresponden con un mal día de pesca?	¿qué porcentaje de ejemplares "grandes" en las capturas considera usted como una condición indeseada?
---	---

2.10. Las siguientes preguntas están orientadas a conocer la condición original o cuando la pesquería recién comenzaba a realizarse, para ello le pedimos se remonte a sus primeras experiencias en la pesquería y/o a los relatos de pescadores con más años de experiencia.

¿cuántos kilos por trampa estima usted que se podían extraer en los comienzos de la pesca de centollón?	¿qué porcentaje de ejemplares "grandes" aparecían en las capturas de centollón en los comienzos de la pesquería?
---	---

Anexo 12. Taller de difusión de resultados

Taller de difusión de resultados FIPA 2021:14: Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos

La actividad se llevó a cabo el día 6 de diciembre de 2020, mediante la plataforma Zoom, según lo acordado por el Director Ejecutivo del FIPA y la Unidad de Crustáceos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. La sesión inició a las 10: 05 am y finalizó a las 12: 47 pm. Los principales resultados y conclusiones obtenidos se detallan a continuación.

I. Se destacó que la información recopilada y necesaria para la estimación de los PBR proviene principalmente de las investigaciones realizadas por el Instituto de Fomento Pesquero. De acuerdo a la calidad de los datos disponibles por recurso y pesquería, se explicó que en general, para el recurso centolla la calidad de los datos es alta, lo que permitiría aplicar modelos más complejos (Modelos estadísticos integrados en edad/talla). Para los recursos centollón y jaiba marmola los datos calificaron en un estándar medio, pudiendo implementar modelos de data pobre (Modelos de equilibrio basados en composiciones de longitudes. En el caso de la jaiba limón, la calidad de la información es baja, lo cual es recomendable utilizar modelos basados en las capturas o desembarques, dado que fue el dato de mayor calidad. En este punto, se recomendó dejar claro en el informe que la clasificación de la calidad de la información se justifica únicamente por el estándar de calidad establecido para este estudio, donde su objetivo es la estimación de PBR, ya que se sabe que los datos de los desembarques tienen un sesgo importante por la incertidumbre de las procedencias y el subreporte, lo cual sería un tema a considerar en otros tipos de análisis.

II. Respecto a los indicadores y puntos de referencia empíricos, se señaló que los indicadores de rendimiento (kg/trampa) fue el más reconocido y fácil de interpretar por parte de los pescadores. En este sentido, se mencionó la importancia de empezar a validar y comparar estos tipos de resultados (valores empíricos) con lo realizado por el Instituto de Fomento Pesquero. Por otra parte, se explicó que el objetivo inicial de este estudio en avanzar en posibles estrategias de manejo no fue logrado, dado que los pescadores no quisieron referirse al respecto, indicando que es necesario primero fortalecer las confianzas con la Institucionalidad.

III. Se enfatizó que los PBR de referencia fueron estimados con la mejor información disponible, donde en términos generales y considerando un enfoque precautorio, se debería considerar como mínimo, cautelar el 40% de la biomasa virginal. Además, se señaló que al considerar una talla morfológica (funcional) se debería cautelar un mayor porcentaje de biomasa y aplicar niveles de mortalidad por pesca menor en comparación si se considera la talla de primera madurez sexual. Por otra parte, al relacionar los PBR estimados con los rendimientos actuales, se destacó que en el caso de las jaibas los rendimientos actuales deberían ser aproximadamente el doble si se encontrarían en el RMS.

IV. La Doctora Karla Firpo, encargada del Programa de Crustáceos Bentónicos del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Argentina, finalizó la actividad exponiendo el manejo que se realiza actualmente para la centolla. Al respecto, se destacó que actualmente aplican el mismo modelo de análisis que se implementó en este estudio y el cual se recomendó para la evaluación de stock (Canales et al., 2021). Se indicó los importantes resultados que se han logrado al incorporar ventanas de escape en las trampas, la modificación de las vedas, y los nuevos indicadores que se están incorporando, como el tamaño de la masa ovígera.

Nombre	Institución
Aurora Guerrero	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Guisella Muñoz	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
Karla Firpo	INIDEP
Cecilia Mauna	INIDEP
Juan Carlos Orellana	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura
María Angela Barbieri	Representante CCT
Mauricio Ibarra	Instituto de Fomento Pesquero
Maximiliano Zilleruelo	Representante CCT
Gustavo Aedo Urrutia	Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia
Miguel Espíndola	Centro de Investigación ECOS
Gonzalo Olea	Centro de Investigación ECOS
Jesús Curiel Pérez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Nicolás Adasme	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Cristian Canales	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Nazareth Sánchez	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

INVITACION

Cristian Canales Ramírez, académico de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y jefe de proyecto del **FIPA 2021-14 "Propuesta de marco biológico de referencia para las pesquerías de crustáceos bentónicos"**, saluda muy cordialmente a usted y tiene el agrado de invitarlo (a) a participar al Taller de difusión de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

La actividad se llevará a cabo el día **martes 6 de diciembre** desde las **10:00 a 12:00 horas** en modalidad virtual (plataforma Zoom).

Agradeciendo su atención y esperando contar con su asistencia, le saluda atentamente

Cristian Canales Ramírez
Jefe de proyecto

Link de acceso: https://pucv-cl.zoom.us/j/99598467799?pwd=Z3lNRGpSMFJlVXJiM1d5QW00Q0RNZz09

Anexo 13. Talleres y reuniones de trabajo realizados

Fecha	Taller y/o reunión	Número de participantes
16/09/2021	Reunión de coordinación (punto 6.i Bases técnicas)	5
02/03/2022	Reunión de coordinación (objetivo 3)	8
24/03/2022	Primer taller técnico (objetivo 2)	22
17/05/2022	Reunión con el CM de crustáceos bentónicos Región de Los Lagos	12
04/07/2022	Segundo taller técnico (objetivo 4)	10
06/07/2022	Tercer taller técnico (objetivo 4)	9
18/08/2022	Taller con el CM de crustáceos bentónicos Región de Los Lagos	11
21/09/2022	Reunión Dirección Zonal de Pesca	7
21/09/2022	Taller con informantes claves-Pesquería jaiba limón (San Antonio)	5
29/09/2022	Cuarto Taller técnico (objetivo 4)	11
11/10/2022	Taller de trabajo CM centolla centollón Región Magallanes	9 (3 del CM)
06/12/2022	Taller de difusión de resultados	15

Anexo 14. Personal participante por actividad

Nombre	Actividades Realizadas	Objetivo	Horas por Actividad	Total HH
PUCV				
Cristian Canales R.	Coordinación de actividades	1, 2, 3, 4, 5	10	320
	Codificación de modelos y Estimación de PBR	4, 5	200	
	Preparación y participación en talleres	1, 2, 3, 4	20	
	Elaboración de Informes	2, 3, 4, 5	90	
Nicolás Adasme L.	Búsqueda bibliográfica	1, 2, 3, 4	20	400
	Modelamiento y estimación de PBR	4	150	
	Propuesta para Evaluación de Stock	5	60	
	Participación en talleres	1, 2, 3, 4	20	
	Elaboración de informes	2, 3, 4, 5	150	
Nazareth Sanchez E.	Coordinación de actividades	1, 2, 3, 4, 5	80	400
	Estimación de PBR	4	100	
	Análisis de sensibilidad para PBR	4	50	
	Participación y reporte de talleres	1, 2, 3, 4	20	
	Elaboración de informes	1, 2, 3, 4, 5	150	
Jesus Curiel P.	Modelamiento y estimación de PBR	4	200	350
	Participación en talleres	1, 2, 3, 4	20	
	Elaboración de Informes	3,4,5	130	
Exequiel Gonzales P.	Sistematización de información	1	200	350
	Identificación de brechas de información		100	
	Participación en talleres		10	
	Elaboración de Informes		40	
Andrea Salinas E.	Búsqueda bibliográfica	1	150	250
	Sistematización de información		70	
	Participación en talleres		10	
	Elaboración de Informes		20	
Andrea Méndez A.	Búsqueda bibliográfica	1	150	215
	Sistematización de información		45	
	Participación en talleres		10	
	Elaboración de Informes		10	
Centro de Investigación ECOS				
Gonzalo Olea S.	Criterios y propuesta en el establecimiento de PBR.	3	150	325
	Jerarquización/factibilidad de PBR	3	70	
	Valoración de EEM	3	35	
	Preparación y participación en talleres	1, 2, 3, 4	70	
Miguel Espíndola R.	Criterios y propuesta en el establecimiento de PBR.	3	150	325
	Jerarquización/factibilidad de PBR	3	70	
	Valoración de EEM	3	35	
	Preparación y participación en talleres	1, 2, 3, 4	70	
Independiente				
James Ianelli	Estándar técnico de RMS y Revisión de modelos	4, 5	35	45
	Participación en talleres	4, 5	10	