



A N E X O III

Reporte de los expertos internacionales sobre el primer taller de trabajo (versión en castellano)



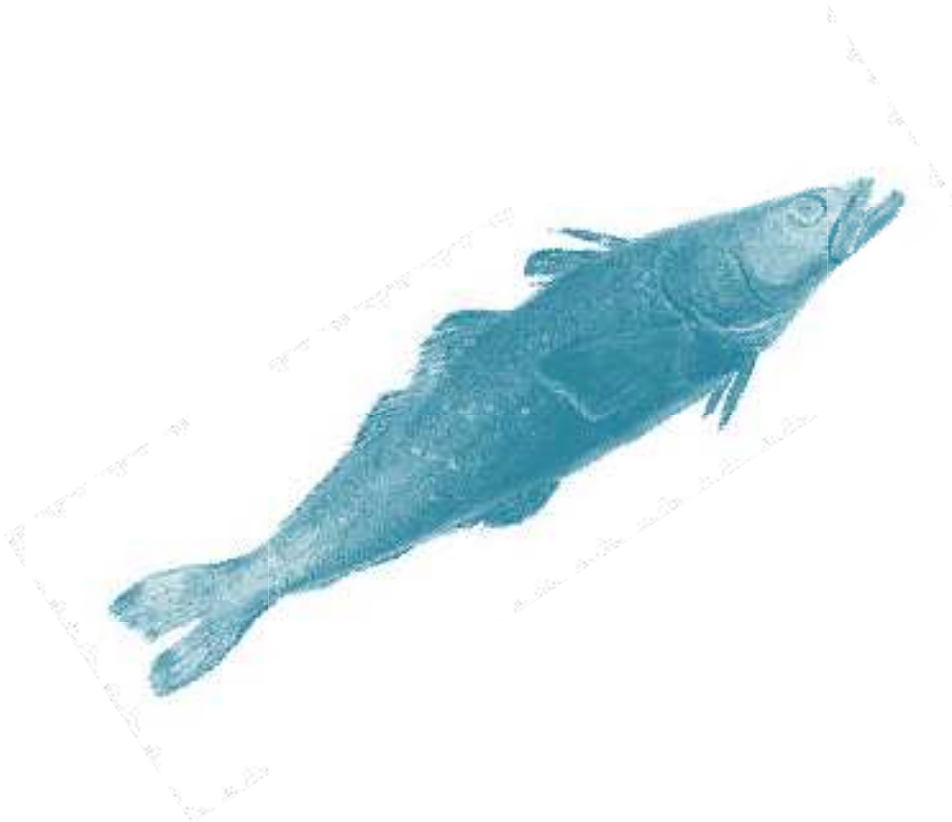
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Revisión de los puntos biológicos de referencia en las pesquerías nacionales

Review of biological reference points in domestic fisheries

**Informe del taller Internacional realizado en Viña del Mar por IFOP,
Diciembre, 2013**

**Report of the international workshop held in Viña del Mar by IFOP,
December, 2013**





Resumen

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) realizó un taller de una semana de duración sobre puntos biológicos de referencia (BRP) en Viña del Mar del 9 al 13 de Diciembre, 2013. Este fue el primero de tres talleres que tienen como objetivo revisar, definir y eventualmente calcular puntos de referencia para todas las pesquerías marinas chilenas, de conformidad con la Ley de Pesca del 2012. Esta nueva Ley de Pesca exige el uso de F_{RMS} , B_{RMS} , y un B_{LIM} asociado, como los principales puntos de referencia para el manejo pesquero. El objetivo específico del primer taller fue definir y/o establecer los estándares técnicos y los métodos disponibles para estimar el rendimiento máximo sostenible (RMS) por especies y los puntos biológicos de referencia (BRP) asociados. En el taller, los científicos chilenos y siete científicos internacionales desarrollaron un Sistema de Niveles (Tier System) para clasificar las poblaciones de acuerdo al tipo de evaluación que se podría realizar y el tipo de punto de referencia que se podría estimar (F_{RMS} y B_{RMS} o proxies), expusieron varios métodos mediante los cuales se podrían computar los puntos de referencia, y recomendaron métodos para calcular los puntos de referencia para cada una de las 24 poblaciones.

Entre los participantes (refiérase al Apéndice B) se encontraban científicos de IFOP, siete científicos internacionales (nombres y afiliaciones enumeradas en la sección 2.1 del Apéndice B), miembros del comité técnico y científico, científicos que no eran miembros del comité técnico y científico y se permitió la participación de hasta 10 participantes del público. Los científicos internacionales se encargaron de redactar el presente informe.

Los científicos internacionales realizaron presentaciones sobre los aspectos generales de los PBR y con relación a la aplicación de los mismos en los Estados Unidos, Europa y Australia (títulos en la sección 2.1 del Apéndice B). Se sostuvieron discusiones plenarias con todos los participantes con relación al Sistema de Niveles (descrito más adelante en este informe) y cómo se relacionaba con los datos disponibles y qué métodos de evaluación estaban disponibles o eran posibles para cada población considerada. También se abordaron los métodos utilizados para estimar el RMS y los BRP relacionados, siendo identificados y descritos una amplia gama de métodos relacionados con los niveles (tiers) y los métodos de evaluación. Se describieron ocho métodos para estimar F_{RMS} y B_{RMS} o sus proxies. Asimismo, se describieron cuatro métodos para desarrollar un valor B_{LIM} , junto con métodos para caracterizar la incertidumbre relacionada con cada estimación de los PBR.

1. Introducción

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) realizó un taller de una semana de duración sobre puntos biológicos de referencia (BRP) en Viña del Mar, del 9 al 13 de Diciembre, 2013. Este fue el primero de tres talleres que tienen como objetivo revisar, definir y eventualmente calcular puntos de referencia para todas las pesquerías marinas chilenas, de conformidad con la Ley de Pesca del 2012. Esta nueva Ley de Pesca exige el uso de F_{RMS} , B_{RMS} , y un B_{LIM} asociado, como los principales puntos de referencia para el manejo pesquero. El objetivo específico del primer taller fue definir y/o establecer los estándares técnicos y los métodos disponibles para estimar el rendimiento máximo sostenible



(RMS) por especies y los puntos biológicos de referencia (BRP) asociados. En el taller, los científicos chilenos y siete científicos internacionales desarrollaron un Sistema de Niveles (Tier System) para clasificar las poblaciones de acuerdo al tipo de evaluación que se podría realizar y el tipo de puntos de referencia que se podrían estimar (F_{RMS} y B_{RMS} o proxies), expusieron varios métodos mediante los cuales se podrían computar los puntos de referencia, y recomendaron métodos para calcular los puntos de referencia para cada una de las 24 poblaciones.

En el primer taller los participantes realizaron presentaciones, entablaron discusiones plenarias, y discusiones de los grupos de trabajo. Los grupos de trabajo se indican en la Tabla 1. Los grupos de trabajo fueron encargados de determinar los niveles (tiers) y los métodos para estimar los BRP para cada población abordada.

Tabla 1. Los cuatro grupos de trabajo entre los que se distribuyeron las poblaciones.

Población	Grupo de Trabajo
Anchoveta Regiones XV-II	Pelágico
Anchoveta Regiones III-IV	Pelágico
Anchoveta Regiones V-X	Pelágico
Sardina Común Regiones V-X	Pelágico
Sardina Austral (X Región)	Pelágico
Caballa Regiones III-IV y XV-II	Pelágico
Jurel	Pelágico
Pez Espada	Pelágico
Merluza Común	Demersal
Merluza Austral	Demersal
Merluza de Tres Aletas	Demersal
Merluza de Cola	Demersal
Congrio (Norte)	Demersal
Congrio (Sur)	Demersal
Bacalao	Demersal
Langostino Colorado	Crustáceo
Langostino Amarillo	Crustáceo
Langostino	Crustáceo
Raya	Datos pobres
Alfonsino	Datos pobres
Jibia	Datos pobres
Calamar	Datos pobres
Besugo	Datos pobres
Orange Roughy	Datos pobres



Cabe destacar que, para los fines de crear los grupos de trabajo, algunas de las especies clasificadas bajo la categoría datos pobres tienen tipos y calidad de datos similares, así como métodos de evaluación, como las especies en otras categorías. Otras especies fueron clasificadas en la categoría de datos pobres porque las pesquerías son relativamente nuevas con series de datos temporales cortas con relación a la duración del ciclo de vida de las especies.

2. Comentarios del panel sobre el Documento 2: Estado y posibilidades biológicamente sustentables de explotación de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2104.

El documento 2 (mencionado aquí como Doc. 2) describe los cambios requeridos por la Ley de Pesca de Chile del 2012, y el sistema de puntos biológicos de referencia propuesto. Las poblaciones se clasifican como datos ricos, medios y pobres. La mayoría de los puntos de referencia están basados en proxies como $F_{40\%}$ y $B_{40\%}$ (donde el % normalmente se expresa con relación a la biomasa desovante por recluta SPR, en el caso de F , y con relación a una biomasa desovante sin pesca B_0 , estática o dinámica, en el caso de SSB). La nueva Ley de Pesca chilena exige el uso de RMS como objetivo de manejo, lo que ha impulsado un nuevo análisis de la forma en la que se definen y calculan los puntos biológicos de referencia (PBR).

Los puntos biológicos de referencia, en términos generales, son objetivos y/o límites (dependiendo del contexto) para la biomasa desovante (SSB) y la mortalidad por pesca (F). En el régimen establecido en la Ley de Pesca chilena, el límite de la biomasa desovante es B_{RMS} , y las poblaciones con cierto rango cercano a B_{RMS} son clasificadas como completamente explotadas (siempre que $F \leq F_{RMS}$). Por debajo de este rango, las poblaciones se consideran sobre explotadas hasta B_{LIM} , una biomasa límite considerada como un nivel que se debe evitar. La mortalidad por pesca objetivo es F_{RMS} . Sobrepasar el F_{RMS} generalmente se entiende como sobrepesca (descrito en el Doc 2), pero no existe un límite superior explícito respecto de la mortalidad por pesca.

De acuerdo a la nueva Ley de Pesca chilena, podría ser más conveniente establecer un Sistema de tres niveles para las poblaciones que no esté basado en el tipo de datos disponibles, tal como ha hecho hasta la fecha, sino en el tipo de determinación de PBR que sea posible en cada caso. El taller adoptó un Sistema de 3 niveles más bien en esta dirección (refiérase a la Sección 3 de este informe).

El taller también ha compilado métodos para determinar puntos biológicos de referencia para la biomasa desovante y la mortalidad por pesca para las poblaciones en cada nivel. Para las mismas poblaciones, se puede estimar F_{RMS} y B_{RMS} de manera directa y confiable, mientras que se calculan proxies para las otras poblaciones. Estos proxies incluyen el $F_{40\%}$ y el $B_{40\%}$ actualmente utilizados (lo cual representa un %, según se explica más arriba) y otros abordados durante el taller (refiérase a la Sección 4 en este informe).

Para representar el desarrollo histórico de SSB versus B_{RMS} (o proxy) en un diagrama de fase, se necesita un valor absoluto para B_{RMS} (o proxy). La mayoría de los métodos proxy proporcionan un valor del proxy B_{RMS} como una proporción de la biomasa desovante sin pesca B_0 , y por lo tanto, se



requiere de alguna estimación de B_0 para obtener un valor absoluto del proxy B_{RMS} . Este estimado puede proceder de niveles recientes o históricos de reclutamiento; sin embargo, es necesario subrayar que en muchos casos la estimación resultante del B_0 no se puede interpretar como una biomasa desovante “sin pesca”. Puede que la elección del nivel de reclutamiento sea difícil debido a la posibilidad de cambios de régimen, y debido a la dificultad de desentrañar los efectos de la pesca y otros procesos en el reclutamiento. La Sección 4 contiene información más completa sobre todos estos aspectos.

La figura 2B en el Doc 2 ilustra el marco para definir la condición de las poblaciones en términos de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca, el que contiene cuatro categorías: sub-explotado, completamente explotado, sobre-explotado y colapsado. Además, se considera que ocurre cuando $F > F_{RMS}$. Conceptualmente, es un marco razonable, pero merece la pena formular observaciones respecto de las potenciales consecuencias prácticas.

La aplicación del marco requiere PBR (el tema del taller) y comparaciones entre las estimaciones de evaluación de stock de biomasa desovante y mortalidad por pesca y los PBRs. La precisión de las evaluaciones de stock varía ampliamente dependiendo de la calidad de los datos, la validez de los supuestos del modelo y la variabilidad ambiental (incluyendo los cambios de regímenes). Bajo las mejores circunstancias, la precisión de las estimaciones de la biomasa generalmente no supera el 20%, y las evaluaciones son con frecuencia mucho menos precisas. Esto significa que podría ser inviable distinguir entre diferencias relativamente pequeñas entre las categorías de sub-explotación y sobre-explotación, utilizados como ejemplos en el Doc 2 (por ejemplo, de 45% a 35% B_0). Incluso para evaluaciones relativamente precisas, los errores de clasificación serán comunes, y en el caso de evaluaciones mucho menos precisas, los errores de clasificación serán frecuentes.

Como modo de ilustración, conviene considerar el informe reciente del Consejo de Investigación Nacional de EEUU (NRC 2013) sobre planes de reconstrucción en ese país. En Estados Unidos, se considera que la mayoría de las poblaciones están en condición de sobrepesca y que se requiere de un plan de reconstrucción cuando el SSB es menor a $0.5B_{RMS}$ (un estándar mucho menos riguroso que los límites de sobre-explotación en los ejemplos del Doc 2). En el caso de los Estados Unidos, cerca de un tercio de las poblaciones sufre de sobre pesca, de acuerdo a las evaluaciones previas, y fueron objeto de una clasificación errada de acuerdo a las evaluaciones más recientes. Varias de las poblaciones consideradas por debajo de $0.5B_{RMS}$ de acuerdo a las evaluaciones anteriores, ahora en cambio parecieran encontrarse por sobre el B_{RMS} .

Una repercusión de la incertidumbre en las evaluaciones de stock es que las respuestas de manejo (esencialmente, las reglas de control de capturas) ante los cambios en el tamaño del stock, deberían ser graduales en vez de precipitadas. Algunos marcos de manejo incluyen respuestas graduales cuando la biomasa estimada traspasa un nivel especificado de PBR, y esto puede tener la consecuencia indeseable de ampliar la incertidumbre de la evaluación y el análisis del stock. Una estrategia de manejo que gradualmente reduce la mortalidad por pesca en la medida que se reduce la biomasa del stock, debería ser más robusta ante la incertidumbre, que una que cambia de estrategia en la medida que la biomasa estimada traspasa los niveles de referencia determinados. A pesar que se entiende que se requieren planes de reconstrucción para las poblaciones sobre-explotadas, una



disminución gradual de F en la medida que el SSB disminuye, podría servir tanto como un plan de manejo para poblaciones completamente explotadas y sub-explotadas, así como un plan de reconstrucción para las poblaciones sobre-explotadas y colapsadas.

Es importante reflexionar respecto de las maneras apropiadas para definir la región completamente explotada alrededor de B_{RMS} o su proxy. Los aspectos que ameritan mayor consideración en la búsqueda de criterios para definir la región completamente explotada son: (a) la incertidumbre en la estimación del B_{RMS} (o proxy), (b) rango de SSB congruente con el rendimiento a largo plazo promedio por sobre cierto % de RMS (por ejemplo, el rango de SSB congruente con el rendimiento promedio $> 90\%$ del RMS), (c) rango de fluctuaciones naturales de SSB que podrían esperarse a un nivel de pesca igual a F_{RMS} (por ejemplo, poblaciones con reclutamiento más variable normalmente tienen un rango más amplio de fluctuación SSB). Es recomendable considerar la posibilidad de realizar experimentos de simulación para definir mejor la región completamente explotada para aquellas poblaciones con características biológicas y evaluaciones de incertidumbre de los recursos pesqueros en Chile.

3. Sistema de niveles (Tier System) propuesto para las poblaciones a fin de determinar los PBR

Los sistemas de niveles para clasificar la información disponible sobre las poblaciones y/o pesquerías se han convertido en una herramienta común (por ejemplo, en partes de EEUU, Australia, Europa) y se utilizan en procesos que preparan asesoría científica sobre manejo pesquero. Dichos sistemas generalmente clasifican las poblaciones en niveles de acuerdo a la cantidad, el tipo y la calidad de la información disponible, como la base de la asesoría. La asesoría basada en los niveles superiores (numerados en orden descendiente, siendo 1 el más alto) generalmente se considera más confiable (es decir, más preciso) que los niveles más bajos. Se puede diseñar un sistema de niveles para entregar asesoría de manejo cada vez más precautoria para las poblaciones en los niveles más bajos, cuando las evaluaciones son menos confiables, pero los científicos y administradores deberían acordar el grado de precaución para los distintos niveles.

Un objetivo adicional de los Sistemas de Niveles es garantizar una congruencia en los enfoques (al interior de cada nivel) utilizando tipos de información similares. Siendo la congruencia un objetivo, en el taller se desarrolló un sistema de tres niveles para derivar el RMS en base a puntos biológicos de referencia para las pesquerías chilenas y las poblaciones de peces. El sistema tiene un número relativamente pequeño de niveles, dado que, por motivos prácticos, existe poca variación entre los tipos de información para las pesquerías industriales chilenas (el tipo de pesquerías hacia las cuales el sistema de tres niveles está dirigido). No tiene sentido dedicar tiempo en la definición de niveles que podrían ser teóricamente posibles, pero que no ocurren en el caso de estas pesquerías. Asimismo, el contar con demasiados niveles, cada uno con reglas acerca de la derivación de los PBR, reduce la flexibilidad. A pesar que esto podría mejorar la congruencia, el Sistema de tres niveles no debería ser tan rígido de tal manera de impedir enfoques que son más apropiados para situaciones específicas. En general, el Sistema de tres niveles está dirigido a orientar la derivación de los PBR sin impedir la innovación. Sin embargo, la innovación (es decir, nuevos enfoques) debe ser moderada mediante revisión y análisis crítico.



El sistema de niveles para la determinación de los PBR consta de tres niveles adaptados a los datos y métodos de evaluación que son comunes para las pesquerías industriales en Chile. Los niveles o tiers se definen de la siguiente manera:

Tier 1- Stocks respecto de los cuales existe un modelo de evaluación estructurado a la talla o a la edad (por ejemplo, modelos estadísticos de captura a la edad) que entregan estimaciones de abundancia actuales utilizables.

Dentro de este nivel, existen dos situaciones claras comunes:

1a. Los puntos de referencia RMS (F_{RMS} y B_{RMS}) y B_{LIM} pueden ser estimados de manera confiable (o determinados de otro modo) a partir de los parámetros estimados dentro del modelo de evaluación.

1b. Se escogen los proxies para los puntos de referencia en 1a. La selección de estos proxies deben tomar en cuenta la incertidumbre en el modelo de evaluación y el grado de resiliencia (o ausencia de la misma) de las especies.

A pesar que el objetivo de 1a es ser más preciso al utilizar información específica de la población y los resultados del modelamiento, las estimaciones de los puntos de referencia no son necesariamente más robustas que los proxies ampliamente utilizados en base a los análisis que demuestran su robustez (Clark 1991). Por lo tanto, la decisión para trasladarse de 1b a 1a se debería tomar de manera cuidadosa. La elección entre 1a y 1b en sí no es una base para aplicar mayor o menor precaución.

Tier 2- Poblaciones respecto de las cuales existe un modelo de dinámica de la biomasa (también conocido como un modelo producción-stock o producción-excedente) o un enfoque empírico basado en datos de captura o abundancia relativa. También se pueden utilizar otros datos relevantes.

Se pueden utilizar modelos dinámicos de biomasa para estimar los PBR dentro del modelo (dado que los PBR son una función de los parámetros estimados al ajustar el modelo a los datos disponibles).

Los enfoques empíricos están basados en la serie histórica de los datos de captura y abundancia relativa sin ajustar un modelo de dinámica de la población. Las estimaciones o proxies para los PBR derivan de estas series en base a un criterio (por ejemplo, de otras fuentes de información tales como datos limitados de composición de edad o talla, o una opinión experta) acerca de la condición de la pesquería con relación al RMS durante segmentos de la serie de tiempo. Los proxies para algunos puntos de referencia se expresan en términos de la abundancia relativa (dependiente de la pesquería o independiente de la pesquería CPUE) y el esfuerzo de pesca. Cabe destacar que a diferencia del nivel de agotamiento y RMS, el F_{RMS} y B_{RMS} estimado sobre la base de enfoques empíricos pueden ser pobres (Punt y Szuwalski, 2012).



Tier 3- Stocks respecto de los cuales existen datos insuficientes para permitir la aplicación de un modelo dinámico de la población. Los enfoques empíricos están principalmente basados en datos de captura (sin datos sobre abundancia relativa), se deben utilizar datos relacionados con los parámetros de la historia de vida y/o de cruceros.

Los enfoques empíricos están basados en la serie histórica de la captura. Las estimaciones o proxies para el RMS se derivan de esta serie en base a un criterio (por ejemplo, en base a otras fuentes de información tales como datos limitados de composición de edad o tamaño, o criterios expertos) acerca de la condición de la pesquería con relación a RMS durante segmentos de la serie de tiempo. El método de Captura Promedio Corregida por concepto del Agotamiento (DCAC; MacCall 2009) es un ejemplo de un posible enfoque. La investigación en este ámbito está recibiendo gran atención y se han propuesto varios métodos con datos pobres. Dependiendo del método utilizado, estos podrían proporcionar valores para F_{RMS} o B_{RMS} , pero es probable que la confiabilidad de estos valores sea baja.

El sistema de niveles descrito más arriba fue diseñado para garantizar coherencia en la derivación de los PBR. Se hace necesario abordar el tema de la precisión y la confiabilidad población por población. Existe una amplia gama de precisión y confiabilidad dentro de las categorías. Por ejemplo, en la categoría 1b existen poblaciones con datos con largas series de tiempo que son informativos acerca de la dinámica stock-recluta (S-R, una consideración crítica en la derivación de los PBRs) y otras poblaciones que sólo cuentan con series cortas de tiempo y esencialmente carecen de información acerca de la dinámica S-R. En el caso de estas poblaciones, el nivel de precaución en la política de pesca debería basarse en consideraciones individuales por población, en vez del nivel en el que hayan sido clasificados.

El sistema de niveles descrito anteriormente es distinto al sistema de Datos Ricos, Datos Moderados y Datos Pobres utilizados por el US National Marine Fisheries Service (Restrepo 1998) según lo descrito en el DOC 2 IFOP, Informe sobre el PBR. El sistema de niveles descrito en el presente documento hace hincapié en el tipo de análisis que son viables y no en la cantidad o la calidad de los datos. Sin embargo, los niveles generalmente se pueden alinear con el Sistema de categoría de datos, de la siguiente forma:

- Tier 1a corresponde a Datos Ricos
- Tier 1b corresponde a Datos Ricos
- Tier 2 corresponde a Datos Moderados
- Tier 3 corresponde a Datos Pobres

4. Métodos para derivar los puntos de referencia RMS

Se identificaron varias formas para derivar los puntos de referencia o proxies F_{RMS} y B_{RMS} . Los puntos de referencia F y SSB seleccionados de preferencia deben ser coherentes en sí, en el sentido que la pesca indefinidamente en F_{RMS} (o proxy F_{RMS}) deberían (teóricamente, ya sea en un sentido de simulación determinística o estocástica) converger a B_{RMS} (o proxy B_{RMS}). Sin embargo, dado que se



utilizan proxies en situaciones en las que se desconoce la relación stock recluta, será difícil garantizar que siempre se cumpla el criterio de coherencia.

Métodos para derivar F_{RMS} y B_{RMS} (o proxies) para poblaciones en el Tier 1:

1. **Método 1:** Se ajusta una relación stock-recluta stock-específica, proporcionando estimaciones de h (steepness) y R_0 (reclutamiento a largo plazo sin pesca).

Potencialmente, se puede utilizar información de meta análisis en combinación con datos stock-específicos. Por ejemplo, el uso de distribuciones prior obtenidas del meta-análisis.

Se calcula el F_{RMS} y depende de h (y no de R_0).

El mismo cálculo también proporciona el B_{RMS} (dado que tanto h como R_0 están disponibles).

2. **Método 2:** Se selecciona un valor de h que no proviene de datos stock-específicos. Puede ser un valor fijo (seleccionado de alguna forma apropiada) o un rango de valores (por ejemplo, una distribución prior obtenida del meta-análisis). Esta elección de h debe basarse en análisis ampliamente aceptados. Se recomienda realizar un análisis de sensibilidad para entender el impacto de la elección de h en los resultados.

El valor escogido de h se utiliza en el cálculo de F_{RMS} .

h también determinará el % de B_0 al que corresponde B_{RMS} ; por lo tanto, B_{RMS} se determina sobre la base de un % de B_0 .

Una vez que se haya escogido el h , con frecuencia es posible estimar el R_0 (y, por ende, B_0) a partir del modelo de evaluación de stock. El valor o los valores de h se utilizarían como parte de la estimación de una relación stock-recluta en el contexto de un modelo de evaluación de stock.

Este método sólo se podría aplicar si las evaluaciones de stock posteriores incorporaran a la relación stock-recluta considerada en el método (por ende, el método puede potencialmente cambiar los resultados de la evaluación de stock).

3. **Método 3:** Se utiliza un proxy de F_{RMS} basado en SPR. Como defecto, éste será $F_{40\%SPR}$, basado en la literatura y la experiencia del pasado (Clark 1993; Mace y Sissenwine 1993). Otros valores de %SPR son posibles, en base a la información disponible relacionada con la resiliencia, la estructura trófica u otras consideraciones específicas.

Surgen dos posibilidades para calcular un proxy B_{RMS} :



- 3.1. Escoger un nivel de reclutamiento apropiado (para representar algo cercano al reclutamiento con un nivel de pesca de $F_{40\%SPR}$) y multiplicar dicho reclutamiento por $0.4SPR_0$ para obtener el proxy B_{RMS} .
- 3.2. Si se asume que el valor %SPR escogido para F es F_{RMS} (es decir, F_{RMS} en sí en vez de un proxy F robusto), esto implica un valor para h. En cambio, este h implica una biomasa en equilibrio en cierto % de B_0 , y este será el proxy B_{RMS} (expresado en términos de un % de B_0). Para obtener un valor absoluto para el proxy B_{RMS} , se debe estimar o seleccionar el B_0 , pero es preferible hacer esto fuera del modelo de evaluación (se presentan algunas posibilidades más abajo).

Nota: En el Método 3.2, si $F_{x\%SPR}$ se utiliza como el F_{RMS} , el % correspondiente de B_0 para el SSB congruente con dicha F será $< x\%$ de acuerdo a una relación SR Beverton-Holt, donde puede ser ya sea $< o > x\%$ de acuerdo a una relación SR Ricker.

4. **Método 4:** Escoger un % de B_0 como proxy de B_{RMS} . El valor por defecto es 40%, dado que esto ha demostrado ser (Clark, 1991) un estimado robusto del agotamiento de la biomasa que corresponde a un rendimiento alto bajo un rango bastante amplio de característica biológica (steepness y forma funcional de la relación stock-recluta).

Se hace un retro-cálculo de un F consistente utilizando un steepness h seleccionado. Esta h debería ser escogida de manera apropiada para cada población; se podría considerar un rango de valores de h, o incluso relaciones stock-recluta alternativas, para el cálculo de F. Se espera que la relación stock-recluta por defecto sea la de Beverton-Holt, pero una curva Ricker podría utilizarse en vez de o además de Beverton-Holt. El rango de steepness debería ser amplio, aunque debe ser realista tomando en cuenta el stock analizado (por ejemplo, 0.5-0.95 sería un rango de defecto razonable para pequeños pelágicos utilizando una relación SR Beverton-Holt; es posible que se requieran otros rangos para otras especies). Será necesario examinar varios valores dentro del rango y el %SPR correspondiente y calcular el F para cada uno. Esto producirá un rango de valores F y se podrá escoger un valor central (o conservador) dentro de dicho rango como una opción robusta para F; en forma alternativa, se podría analizar la sensibilidad de los resultados ante la elección de h, en vez de hacer una integración a lo largo de un rango de valores h.

5. **Método 5:** Para los stocks que cuentan con una corta historia de pesca (podrían considerarse "datos pobres") pero que cuentan con datos de captura en edad o talla, abundancia relativa y ciclo de vida, se podría aplicar un modelo de captura en edad para estimar B_0 y el reclutamiento. Se podría utilizar una referencia SSB en base a un % de B_0 (con $40\%B_0$ como defecto, pero valores altos, tales como $50\%B_0$ para los stocks con un nivel bajo de resiliencia o en base a otras consideraciones) como proxy para B_{RMS} . Para derivar F_{RMS} , se puede considerar el reclutamiento promedio a través de los años entre Y_1 (primer año de la pesquería) y $Y_1 + A_{mat} + A_{rec}$ (edad en madurez y edad en reclutamiento) como R_0 dado que estos reclutamientos procedían de peces



desovantes que no fueron impactados por la pesca. Se podría derivar F_{RMS} con una relación stock recluta asumida (por ejemplo, el modelo Beverton-Holt) y un steepness h .

Enfoques para calcular B_0 :

En los métodos 3.2 y 4, se obtiene el proxy B_{RMS} en términos relativos, como % de B_0 . Con el fin de obtener una estimación absoluta del proxy B_{RMS} , se debe estimar o seleccionar un valor de B_0 de alguna forma que sea apropiada. Algunas posibilidades son las siguientes:

- **B_0 Dinámico.**
 B_{0t} se considera como el nivel de biomasa desovante en el año t cuando el modelo de evaluación se ejecuta hacia adelante a partir del año inicial, asumiendo que no hubo pesca. Los valores de reclutamiento son iguales a aquellos originalmente estimados en la evaluación (a pesar que existen métodos para ajustar dichos valores en base a una relación stock recluta supuesta).

Este método solo es apropiado si el inicio del periodo de evaluación coincide con (o antecede) el inicio de la pesquería. Los valores de reclutamiento utilizados en el cálculo de B_{0t} pueden considerarse parámetros R_0 que varían en el tiempo (por ejemplo, debido a cambios de régimen ambiental) y el B_0 dinámico podría interpretarse como una biomasa sin objeto de pesca que varía con el tiempo. El supuesto que los cambios observados en el reclutamiento a través del tiempo no se deben principalmente a la pesca el método está implícito en el método B_0 dinámico. Por lo tanto, no sería una opción apropiada si el reclutamiento está relacionado con el nivel de pesca que experimenta la población.

- B_0 considerado como la biomasa al inicio del periodo de evaluación.
Esto podría proporcionar una aproximación a la biomasa sin pesca, pero sólo si el inicio del periodo de evaluación corresponde al inicio de la pesquería.
- Utilizar el resultado de R_0 del modelo de evaluación de stock (cuando se ajusta una relación stock-recluta como parte del modelo de evaluación) para estimar B_0 como $SPR_0 * R_0$
Esto proporciona una aproximación a la biomasa sin pesca.
Este procedimiento podría resultar en una sobre-estimación de B_0 en algunos casos (particularmente cuando las series históricas disponibles solo corresponden a un periodo en que la población estuvo sujeta a un alto nivel de explotación), dado que no toma en cuenta los procesos denso-dependientes que podrían ocurrir en la medida que las poblaciones se hacen más abundantes. La consecuencia de una posible sobre-estimación de B_0 es que se determinarían proxies B_{RMS} poco realistas (en términos absolutos) y el stock se estimaría conforme a una condición de biomasa indeseable con más frecuencia que lo necesario. Este es un problema en



algunas partes del mundo, donde existe una larga historia de pesca, pero probablemente no lo sea para la mayoría de las poblaciones en Chile.

- Utilizar un reclutamiento promedio \bar{R} del periodo de evaluación (también podrían proceder del modelo de evaluación, si la relación stock recluta se ajusta como parte del modelo de evaluación) para estimar B_0 como $SPR_0 * \bar{R}$.
El B_0 resultante no representa biomasa sin pesca.

Esta podría ser una opción razonable cuando no se observa una relación stock-recluta en y el reclutamiento pareciera ser independiente de SSB durante la serie de tiempo disponible. Sin embargo, sólo es una opción apropiada cuando se considera que el reclutamiento durante la serie de tiempo disponible no se haya reducido significativamente como consecuencia de la pesca y cuando el régimen de reclutamiento existente durante la serie de tiempo disponible se considera como el régimen más probable a prevalecer en los siguientes años.

Métodos para derivar los proxies F_{RMS} y B_{RMS} para stocks en Tiers 2 o 3:

6. Método 6: (para utilizar en Tier 2)

- 6.1. Cuando los datos del índice de abundancia y captura (CPUE) están disponibles, se puede aplicar un modelo de dinámica de la biomasa, especialmente de acuerdo a un marco Bayesiano, a una tasa de crecimiento de la población derivada r y la capacidad de carga B_0 , por ende, F_{RMS} y B_{RMS} .
- 6.2. Si se encuentran disponibles datos empíricos de abundancia (por ejemplo, de cruceros), se puede aplicar un modelo dinámico de biomasa a datos de producción y abundancia para derivar r y B_0 , por ende F_{RMS} y B_{RMS} . Cabe notar que a diferencia del nivel de agotamiento y RMS, el F_{RMS} y B_{RMS} estimado a partir de enfoques empíricos puede ser pobre (Punt y Szuwalski 2012).

7. Método 7: (para utilizar en Tier 3)

Cuando los datos disponibles son insuficientes para permitir el modelamiento de la dinámica de la población, se pueden utilizar métodos empíricos para derivar los puntos de referencia proxy.

- Se podrá derivar la mortalidad por pesca basada en puntos de referencia a partir de los parámetros del ciclo de vida. Por ejemplo, Zhou et al. (2012) proporciona los tres puntos de referencia en base a F a partir de un meta-análisis de 245 especies a nivel mundial (refiérase a las tablas 1 y 2, con los resultados de dicho trabajo). Algunos proxies más simples pueden ser $F_{RMS} = 0.8 M$ (Thompson 1993), M , $2/3 M$ (Patterson 1992).



- Se pueden derivar puntos de referencia en base a la biomasa de los datos de cruceros. Por ejemplo, se ha estimado B_0 a partir de cruceros acústicos para algunas especies. Es posible obtener B_{RMS} simplemente como $0.5 B_0$, asumiendo un modelo de producción de excedente logístico.

8. **Método 8:** (para utilizar en Tier 3)

Para las poblaciones que cuentan con una serie de tiempo confiable de datos de captura, se pueden aplicar métodos solo de captura para estimar la tasa de crecimiento de la población y la capacidad de carga; por ende se pueden obtener proxies F_{RMS} y B_{RMS} (Dick y MacCall 2011; Martell y Froese 2013; Zhou *et al.* 2013). Esta es una nueva área de investigación. El RMS estimado en sí tiende a ser más confiable que F_{RMS} y B_{RMS} . Puede ser necesario comparar los dos últimos puntos de referencia con otros métodos, tal como el Método 7 basado en rasgos de la historia de vida.

Métodos para derivar B_{LIM} para todos los tiers:

En el contexto de la Ley Chilena, es necesario definir un punto de referencia B_{LIM} que representa un SSB debajo del cual se compromete el reclutamiento.

Algunas elecciones estándares para B_{LIM} podrían ser:

- a) 50% de B_{RMS} (o proxy)
- b) 20% de B_0
- c) En forma alternativa, se puede establecer una reducción porcentual en el reclutamiento de R_0 . Si existe un acuerdo sobre el valor de reducción de porcentaje para el reclutamiento, esto se podría utilizar como la base para la determinación de B_{LIM} . Si se puede determinar un valor de h o ha sido utilizado en la derivación de los puntos de referencia (F_{RMS} , B_{RMS}), el equilibrio correspondiente SSB (basado en dicha h) se podría calcular como un % de B_0 .
- d) Se podría analizar la serie histórica de SSB y reclutamiento obtenido en la evaluación para seleccionar un valor SSB bajo el cual el reclutamiento ha sido perjudicado o la dinámica del stock es desconocida. Esto proporciona un valor SSB límite en términos absolutos (no relativo a B_0).

Observaciones Adicionales:

Se recomienda realizar trabajo de simulación para explorar el desarrollo de la población con pesca en F_{RMS} (por ejemplo, para explorar la probabilidad de que el SSB caiga por debajo de B_{LIM}). Se puede implementar un Enfoque Precautorio al escoger los proxies cuidadosamente (por ejemplo, al hacer una elección más conservadora dentro de un rango de potenciales proxies cuando existe información



menos confiable disponible) o respecto de cómo se aplican las reglas de control de pesca con el fin de evitar exceder los puntos de referencia. Esta materia requiere de mayor discusión en el siguiente taller.

Incertidumbre asociada con los puntos de referencia RMS:

Un tipo de incertidumbre es la incertidumbre estadística en la estimación de F_{RMS} y B_{RMS} ; esto se refiere a los Métodos 1 y 2 en la lista más arriba. En este caso la incertidumbre asociada con las estimaciones de los parámetros del modelo de evaluación del stock podría incorporarse en el cálculo de F_{RMS} y B_{RMS} con el fin de obtener la incertidumbre asociada con estos puntos de referencia. También se puede establecer para ser calculado al ejecutar el modelo de evaluación de stock y el output como parte de los resultados del modelo de evaluación de stock.

Cuando se utilizan proxies para F_{RMS} y B_{RMS} , se puede considerar la incertidumbre estructural, lo que es más congruente con un análisis de sensibilidad (¿cuán robustos son los proxies ante la incertidumbre en los supuestos subyacentes acerca de la resiliencia? Explorar la sensibilidad ante los diferentes supuestos estructurales, etc.). Esto describe la incertidumbre más que cuantificarla en forma numérica, y es más un análisis de sensibilidad en vez de un análisis estadístico. Se puede utilizar una Evaluación de Estrategia de Manejo (MSE, su sigla en inglés) para examinar cuáles proxies funcionan mejor en distintas circunstancias; sin embargo, la implementación de MSE implica una gran cantidad de trabajo.

Comunicar la incertidumbre:

La manera en la que se comunica la incertidumbre de la evaluación de stock a la autoridad de manejo se puede clasificar en los siguientes niveles:

Nivel 1. El mejor caso de evaluación de stock.

Se integra un modelo que incluye todas las principales incertidumbres que pueden ser tratadas en un marco de modelo único. De esta manera se puede analizar la incertidumbre detalladamente (por ejemplo, MCMC). Se puede proporcionar asesoría de manejo utilizando proyecciones del modelo (por ejemplo, F constante, captura constante u otro). Se puede realizar una evaluación de riesgo que analiza las probabilidades de rebasar los límites, alcanzar los objetivos en ciertos plazos, etc, basado en la estructura de modelo única.

Nivel 2. Reconocimiento de estados de naturaleza alternativos – por ejemplo, series de captura total alternativas, distintas formas de estandarizar CPUE, estructuras de modelos espaciales alternativos frente a explicaciones de tendencias cambiantes, etc.

Se examina un conjunto de estados de naturaleza alternativos como en el Nivel 1, y se proporciona recomendaciones de manejo para cada uno – con frecuencia como una tabla de decisión. Es posible derivar ponderaciones en forma independiente para cada alternativa, e integrar los resultados.

Nivel 3. El reconocimiento que los modelos pueden estar o (están) erróneamente determinados y que existen formas de incertidumbre que no están incluidas en los modelos existentes (por ejemplo, la M que varía en el tiempo muchas veces no está incluida en los modelos). A fin de intentar considerar lo



anterior, se desarrollan y se prueban reglas de control de pesca (que generalmente incluyen un método específico de evaluación de stock) utilizando una evaluación de la estrategia de manejo a lo largo de un rango de estructuras de modelo, y determinaciones erróneas de robustez para la mayoría de las formas de incertidumbre. La regla de control de pesca exactamente define cómo los resultados de evaluación (o indicadores de stock) se convierten en recomendaciones de captura. Se pueden evaluar de la misma forma los valores de defecto para una regla de control de pesca para un grupo de stocks.

En el caso de las actuales evaluaciones de stock en Chile, se proporciona incertidumbre en la evaluación en su mayoría en el Nivel 1. Las recomendaciones en este informe se aplican mayoritariamente en la presentación de informes del Nivel 1. Un mejoramiento consiste en analizar los informes de Nivel 2 para aquellos stocks cuyas evaluaciones de stock tienen validez comparativa, o ponderaciones para alternativas – por ejemplo la aceptación de cambios de régimen.

El uso de 40% de B_0 como objetivo SSB en el Método 4 tiene la característica de robustez ante un rango de valores de steepness y formas funcionales alternativas de la relación stock-recluta. Es posible que los puntos de referencia basados en una evaluación Nivel 3 de incertidumbre no necesariamente correspondan a B_{RMS} , pero comparten propiedades robustas de 40% de B_0 como un objetivo SSB, y pueden incorporar reglas de control que pueden dar lugar a una reconstrucción rápida en tamaños de stock que están por debajo de los niveles objetivo.

5. Revisión por población individual y propuestas: Demersales

Esta categoría incluye seis stocks demersales que son importantes en las pesquerías comerciales. La mayoría de las especies son de larga vida y cuentan con Buena información disponible para la evaluación de stock, a pesar que existe considerable variación entre ellos en lo que se refiere a la cantidad y la calidad de la información disponible. Se presenta una breve revisión de los datos disponibles, el actual método de evaluación, los principales problemas relacionados con la evaluación, la clasificación del stock según el nivel para cada stock, y se entregan recomendaciones con relación al Punto Biológico de Referencia (PBR).

Merluza (*Merluccius gayi gayi*):

En el caso de estas especies, existe gran cantidad de información disponible para realizar una evaluación de stock. Existen datos de desembarque disponibles desde 1940, y datos sobre composición de edad desde 1968. Debido a descartes no cuantificados y capturas no reportadas, la serie de tiempo de captura no se puede considerar completamente confiable, pero se han realizado intentos para cuantificar el número de descartes y capturas no reportadas, y se han realizado análisis de sensibilidad para evaluar el impacto en los resultados de las evaluaciones. Existe un índice de abundancia dependiente de la pesquería en la forma de un índice CPUE de 30 años, y un índice independiente de la pesquería en un crucero acústico que se extiende por un periodo de 18 años. El índice CPUE generalmente se considera menos confiable que el crucero acústico, y esta inquietud está incorporada en el modelo de evaluación al incluir un término de potencia para este índice. Se utiliza un modelo de evaluación estándar estructurado a la edad. Se incluye una relación stock recluta tipo Ricker en la evaluación y se estiman los parámetros de la relación stock recluta. Entre los problemas



importantes sin resolver de la evaluación de stock se encuentran 1) cambios aparentes en la productividad del stock, 2) inquietudes acerca de la confiabilidad de la serie de tiempo de captura, y 3) el efecto continuo de la predación de la jibia sobre la dinámica del stock.

Clasificación Tier: 1a

Recomendaciones para el punto de referencia: Debido a la disponibilidad de la información de evaluación de stock y la existencia de un enfoque de modelamiento completamente desarrollado, se consideró apropiado (Método PBR 1). Esto se debería hacer al resolver F_{RMS} y B_{RMS} en el modelo de evaluación, o al extraer MCMC del modelo y generar una distribución de los puntos de referencia. Se debe evaluar la potencial importancia de la predación de la jibia sobre la productividad del stock. En consecuencia, se recomienda estimar los puntos de referencia con y sin el componente de mortalidad natural de la jibia.

También se deben proporcionar los resultados utilizando el Método PBR 4, es decir, considerando $B_{40\%}$ como el proxy B_{RMS} , y obteniendo F_{RMS} al seleccionar un SPR que es congruente con la mantención del stock en $B_{40\%}$ considerando un rango razonable de valores de steepness y relaciones stock recluta.

Para este stock, $\frac{1}{2} B_{RMS}$ se debe usar como el punto de referencia de la biomasa límite. Para los otros stocks demersales, $B_{20\%}$ se debe usar como el punto de referencia de la biomasa límite por defecto (es decir, $\frac{1}{2} B_{40\%}$). Se podrían utilizar otros puntos de referencia para la biomasa límite si se entrega un análisis que respalde la elección.

Merluza de Cola (*Macrurus magellanicus*):

La estructura del stock de la Merluza de Cola en Chile es incierta debido a la relación desconocida entre la especie en aguas Chilenas y aquella que habita aguas Argentinas. En el caso de este stock, existe una cantidad media de información disponible para realizar evaluaciones de stock. La serie de tiempo de captura no se considera completamente confiable debido a la posibilidad de declaraciones erróneas de Merluza de Cola en la pesquería de cerco, pero esta flota ya no es una fuente importante de mortalidad por pesca. Un índice CPUE de la pesquería de arrastre está disponible, pero la porción inicial de este índice, antes del desarrollo de una pesquería objetivo, no se considera confiable. También se encuentra disponible una serie de tiempo de crucero acústico de extensión moderada (13 años). La evaluación consiste en un modelo de evaluación estructurado a la edad en la que se utiliza una relación stock recluta para modelar la tendencia central. La relación stock recluta estimada no se considera confiable debido a un patrón residual extremadamente fuere alrededor de la relación stock recluta, en la que todo el reclutamiento anterior se encuentran por sobre la curva esperada y los reclutamientos posteriores están por debajo de la curva. Algunos problemas importantes sin resolver son 1) estructura del stock, 2) inquietudes acerca de la confiabilidad de la serie de tiempo de captura, y 3) el cambio aparente de la productividad del stock.

Clasificación Tier: 1b



Recomendaciones para el punto de referencia: Se recomienda el uso de proxies para B_{RMS} y F_{RMS} . En el caso de la Merluza de Cola chilena, se observe un importante cambio en el reclutamiento en el año 1999, sin embargo se desconocen las razones de este cambio (es decir, no está claro si se atribuye a un cambio de régimen). Se deberían aplicar métodos distintos para analizar dos hipótesis: H1—no ocurrió cambio de régimen, H2— ocurrió un cambio de régimen en el año 1999. Se debería evaluar la hipótesis acerca de la ocurrencia de un cambio de régimen utilizando el procedimientos de puntuación descrito por Klaer et al. (en revisión). Los métodos recomendados son: Método 3.1 PBR y Método 4 PBR.

Merluza Austral (*Merluccius australis*):

En el caso de esta especie, existe una gran cantidad de información disponible para realizar la evaluación de stock. Existen índices CPUE para cada flota principal, y un crucero acústico que se prolonga a lo largo de un periodo de 13 años. Además, existe información sobre composición de edad correspondiente a un período de más de 20 años para cada flota principal. La evaluación consiste en un modelo de evaluación estándar estructurado a la edad en el que se utiliza una relación stock recluta Beverton-Holt para modelar la tendencia central en el reclutamiento. Se utiliza un valor fijo de 0.6 para el steepness en la relación stock recluta.

Clasificación Tier: 1b

Recomendaciones para el punto de referencia: Se recomienda el uso de proxies para B_{RMS} y F_{RMS} . Aplicar el Método 3.1. Se recomienda usar la totalidad de la serie de tiempo de reclutamientos como un enfoque por defecto para estimar el reclutamiento medio, sin embargo, se pueden usar otros periodos de tiempo si se proporciona una justificación para el mismo. Además, se debería aplicar el Método 4 PBR.

Congrio Dorado del Norte y del Sur (*Genypterus blacodes*):

Se realizan evaluaciones por separado para las porciones del stock que habitan en el Norte y en el Sur del país. La evidencia acerca de la estructura del stock es limitada. A pesar que existen diferencias en el crecimiento y en la biología reproductiva entre el norte y el sur, no está claro si se debe simplemente a un gradiente latitudinal que se observa en muchas especies, o una indicación acerca de la estructura del stock. La disponibilidad de datos para la evaluación de stock es relativamente baja. Sólo se encuentran disponibles índices de abundancia dependientes de la pesquería, y no existen datos de crucero independientes de la pesquería. Se desarrollaron índices CPUE por separado de la pesquería de arrastre objetivo en las áreas del Norte y del Sur. Los índices CPUE son altamente variables, lo que sugiere una variabilidad inter-anual en la capturabilidad. Las evaluaciones son estructuradas a la edad en la que se utiliza una relación stock recluta Beverton-Holt para proporcionar una tendencia central en las estimaciones de reclutamiento. Las evaluaciones muestran patrones muy similares de reclutamiento y mortalidad por pesca en el norte y el sur, lo que da lugar a la interrogante de si se requieren evaluaciones por separado en cada área.

Clasificación Tier: 1b



Recomendaciones para el punto de referencia: Se recomienda el uso de proxies para B_{RMS} y F_{RMS} . Aplicar el Método 3.1 PBR. Se recomienda usar la totalidad de la serie de tiempo de reclutamientos como un enfoque por defecto para estimar el reclutamiento medio, sin embargo, se pueden usar otros periodos de tiempo si se proporciona una justificación para el mismo. Además, se debería aplicar el Método 4 PBR.

Merluza de Tres Aletas (*Micromesistius australis*)

Pareciera existir una mezcla entre las poblaciones en aguas chilenas y argentinas, lo que sugiere que el supuesto de una población separada en aguas Chilenas es cuestionable. Existe una cantidad media de información para realizar una evaluación de estructura en edad, incluyendo datos de composición de edad y CPUE de la pesquería correspondiente a cerca de 20 años, y diez años de datos de cruceros acústicos. Los datos sobre composición de edad de la pesquería y del crucero acústico muestran una señal contradictoria con relación a la condición del stock, donde los datos del crucero acústico muestran un fuerte descenso, y los datos de composición de edad indican un amplio rango de estructura de edad. La evaluación consiste en una evaluación estructurada a la edad.

Clasificación Tier: 1b

Recomendaciones para el punto de referencia: Se recomienda el uso de proxies para B_{RMS} y F_{RMS} . Aplicar el Método 3.1 PBR. Se recomienda usar la totalidad de la serie de tiempo de reclutamientos como un enfoque por defecto para estimar el reclutamiento medio, sin embargo, se pueden usar otros periodos de tiempo si se proporciona una justificación para el mismo. Además, se debería aplicar el Método 4 PBR.

Bacalao (*Dissostichus eleginoides*):

Existe relativamente poca información disponible para la evaluación de stock de bacalao chileno. Están disponibles datos de desembarque, captura en edad y un índice CPUE de la pesquería correspondiente a un periodo de 20 años. La evaluación consiste en un modelo de evaluación estándar estructurado a la edad en el que se utiliza una relación stock recluta Beverton-Holt para modelar la tendencia central en el reclutamiento. Se utiliza un valor fijo de 0.6 para el steepness en la relación stock recluta. Existen importantes temas sin resolver en la evaluación de stock. Entre estos, se incluyen los siguientes 1) es probable que el stock en aguas chilenas no consista en una población cerrada, 2) el componente en el norte del stock no está incluido en la evaluación, 3) es posible que los registros de desembarque no reflejen las remociones totales debido a la presencia de depredación por mamíferos marinos, 4) los índices CPUE no están estandarizados para el uso de dispositivos disuasivos. Estos temas plantean interrogantes respecto de la confiabilidad de la evaluación, pero existe la posibilidad de abordarlos en evaluaciones futuras.

Clasificación Tier: 1b



Recomendaciones para el punto de referencia: Se recomienda el uso de proxies para B_{RMS} y F_{RMS} . Aplicar el Método 3.1 PBR. Se recomienda usar la totalidad de la serie de tiempo de reclutamientos como un enfoque por defecto para estimar el reclutamiento medio, sin embargo, se pueden usar otros periodos de tiempo si se proporciona una justificación para ello. Además, se debería aplicar el Método 4 PBR.

6. Revisión por población individual y propuestas: Pelágicos

Anchoveta y sardina

Estas especies tienen un M alto (viven durante un período máximo de 4-5 años), crecen rápido y maduran tempranamente. El reclutamiento está altamente influenciado por el entorno.

Se utilizan modelos de evaluación similares para la mayoría de las poblaciones y hasta ahora se han utilizado métodos similares para derivar los puntos biológicos de referencia, pero también con algunas diferencias entre ellos.

Se han utilizado principalmente estimaciones B_0 dinámicas para estas poblaciones en el cálculo de los puntos biológicos de referencia y en la presentación de la condición del stock en diagramas de fase.

Anchoveta en las Regiones XV-II (*Engraulis ringens*):

El modelo de evaluación de stock tiene una frecuencia temporal semestral (cada seis meses); el modelo de dinámica de la población es estructurado a la edad y todos los procesos naturales y la selectividad de la pesquería son modelados por edad; los datos de captura y de crucero son estructurados por longitud. Existen dos flotas comerciales diferentes (una chilena y otra peruana) que son consideradas en el modelo de evaluación, cada una con su propio patrón de selectividad (que se asume constante a lo largo de los años para cada flota).

Se asume un modelo de crecimiento Von-Bertalanffy y se utiliza en el modelo de evaluación para hacer la conversión de edades a longitudes. Existe incertidumbre en los parámetros de crecimiento, y algunos estudios recientes sugieren un crecimiento considerablemente más rápido que el que se utiliza actualmente en el modelo de evaluación (también existen algunas inquietudes de que temas similares relacionados con el crecimiento podrían estar ocurriendo en las poblaciones de anchoveta más al sur).

El modelo de evaluación de stock no incluye una relación SR; se estima un parámetro de reclutamiento por separado para cada semestre en la serie de tiempo de la evaluación. Se considera que el stock tiene una productividad alta (las flotas comerciales han observado largos periodos de desove y reclutamiento a lo largo del año).

La decisión de utilizar determinados valores de proxy F_{RMS} se basó en el trabajo realizado por Canales y colegas que sugirió valores entre el rango de 30-40%. Una proyección adicional basada en alcanzar un nivel menor a 10% del riesgo de que la población exceda los niveles de referencia, arrojó un valor



de 38%. Un valor proxy de 40% se escogió sobre esta base. Actualmente, se utiliza $F_{40\%SPR}$ como proxy F_{RMS} , $40\%B_0$ como proxy B_{RMS} , y $20\%B_0$ como B_{LIM} .

Clasificación Tier: 1b

Método sugerido para derivar el PBR: Método 4, en base a un proxy $B_{RMS} = 0.4 B_0$ y steepness en un rango amplio (tal como una distribución uniforme previa sobre 0.5-0.95 en el caso de Beverton-Holt), a menos que existe buena información que permita un rango más corto o una distribución previa más ajustada. También se deberá explorar una forma funcional SR tipo Ricker. Método para estimar B_0 : probablemente sea mejor explorar varias alternativas, incluyendo estimaciones estáticas y dinámicas de B_0 ; refiérase a las opciones sugeridas en la Sección 4. En el caso de esta población, una alternativa razonable sería calcular B_0 como $SPR_0 * \bar{R}$, donde \bar{R} es un reclutamiento promedio sobre la serie de tiempo de la evaluación: aunque este cálculo de B_0 no correspondería a SSB virginal, reflejaría la situación promedio observada desde mediados de los 80, y la condición del stock (SSB/B_{RMS} proxy) en un diagrama de fase permitiría captar de mejor manera el bajo SSB actual que el uso de B_0 dinámico.

Anchoveta en las Regiones III-IV (*Engraulis ringens*):

El modelo de evaluación de stock tiene una frecuencia temporal anual. El modelo de dinámica de la población es estructurado según la talla y se utiliza una matriz de transición para trasladar los peces entre las clases de talla (basado en un modelo de crecimiento Von-Bertalanffy) al inicio de cada año. Los datos de captura y de los cruceros están estructurados según la talla. Se considera una flota comercial en el modelo de evaluación (el patrón de selectividad es asumido como constante a través de los años). El modelo de evaluación de stock no incluye una relación SR.

Actualmente, se utiliza $F_{60\%SPR}$ como proxy F_{RMS} , $60\%B_0$ como proxy B_{RMS} y $20\%B_0$ como B_{LIM} . Se utilizan opciones más conservadoras que en el caso de la anchoveta de las Regiones XV-II para dar cuenta de la productividad más baja de este stock (debido a las condiciones ambientales altamente variables en esta área de distribución) e incertidumbres (stock pequeño y cortas series acústicas).

Clasificación Tier: 1b

Método propuesto para derivar el BPR: Así como para la anchoveta en las Regiones XV-II, pero también considerando valores % más altas que 40% para el proxy B_{RMS} (por ejemplo, $50-60\%B_0$) y valores de steepness más bajos (sin embargo, dado que ya se considera un rango amplio de steepness en el método general, puede que no sea necesario optar por un steepness más bajo aquí). Se exploran opciones más conservadoras que aquellas para la anchoveta de las Regiones XV-II para tomar en cuenta la productividad más baja e incertidumbres más altas, según se explica más arriba.

Anchoveta en las Regiones V-X (*Engraulis ringens*) y Sardina Común en las Regiones V-X (*Strangomera bentincki*):

En ambos casos, el modelo de evaluación de stock tiene una frecuencia temporal anual. Tanto el modelo y los datos son estructurados a la edad. Se considera una flota comercial en el modelo de



evaluación y el patrón de selectividad es asumido constante a través de los años. El modelo de evaluación de stock no incluye una relación SR.

Actualmente, se utiliza $F_{40\%SPR}$ como un proxy F_{RMS} , $40\%B_0$ como proxy B_{RMS} , y $20\%B_0$ como B_{LIM} .

Clasificación Tier: 1b

Método sugerido para derivar el PBR: similar a la Anchoqueta de las Regiones XV-II. A partir de los resultados de la evaluación de stock, la Sardina Común en las Regiones V-X podría ser un candidato para un cambio de régimen (los métodos para ayudar a identificar estos cambios de régimen se encuentran en el Anexo C de este informe); sin embargo, debe existir un buen respaldo científico y consenso.

Sardina Austral en la X región (*Sprattus fuegensis*):

El modelo de dinámica de población es estructurado por talla (muy similar al modelo para anchoqueta en las Regiones III-IV). Las series de tiempo son cortas (solo cerca de 8 años). Existe una serie CPUE comercial estandarizada y datos de cruceros acústicos correspondientes a 4 años (pero los métodos utilizados no siempre son congruentes en los distintos cruceros realizados – por ejemplo, los temas relacionados con la fuerza de blanco). Se considera una flota comercial en el modelo de evaluación (se supone que el patrón de selectividad es constante a través de los años).

Los datos de captura son muy completos (casi un censo de todas las capturas de la pesquería). Existe sub-reportes de captura (estimado en alrededor de un 20%), especialmente en los años 2008, 2009. Este pareciera ser un tema general que se aplica a la mayoría de los stocks pelágicos, y no sólo éste en particular. Puede no ser un problema para el cálculo actual de los puntos de referencia RMS, si no cambia el patrón de selectividad de la pesquería estimada en la evaluación.

El modelo de evaluación de stock no incluye una relación SR.

Actualmente, se utiliza $F_{60\%SPR}$ como proxy F_{RMS} proxy, $60\%B_0$ como proxy B_{RMS} , y $20\%B_0$ como B_{LIM} . Se utiliza un $F_{60\%SPR}$ más conservador debido a las características biológicas de la especie y la selectividad de la pesquería, y todas las incertidumbres que rodean la evaluación (incluyendo una serie de tiempo corta).

Clasificación Tier: 1b

Método sugerido para derivar el PBR: Como la Anchoqueta en las Regiones III-IV, esta especie tiene una madurez tardía (selectividad de la pesquería antes de la talla de madurez) y una fecundidad más baja, en comparación con otras especies pelágicas chilenas. Esto sugiere un enfoque más conservador (similar al enfoque para la anchoqueta en las Regiones III-IV).

Sardina Española en las regiones III-IV y XV-II (*Sardinops sagax*):



Esta especie crece hasta alcanzar tamaños grandes y tiene una vida más larga que la anchoveta y otras especies de sardinas, con un ciclo de vida de aproximadamente 11 años. La población pareciera haber colapsado. No ha existido una pesquería objetivo desde el año 2001 y sólo se observa captura incidental ocasional. Por lo tanto, actualmente existen muy pocos datos acerca de este stock. La última evaluación de stock se realizó en el 2003 (incluyendo datos hasta el 2001) y aún no se han considerado PBR.

Clasificación: 1b

Método sugerido para derivar el PBR: Como la anchoveta en las regiones III-IV. Sin embargo, para esta especie no se sugiere volver a ejecutar la evaluación de stock, sino que utilizar el resultado de la evaluación más reciente para el cálculo de los puntos de referencia. La sardina española podría ser un candidato para un cambio de régimen (los métodos para ayudar a identificar los cambios de régimen se encuentran en el Anexo C de este informe). El nivel de reclutamiento promedio utilizado para calcular los puntos de referencia dependerá de la decisión que se tome sobre el cambio de régimen.

Jurel (*Trachurus murphyi*):

Esta es una población ampliamente distribuida. La evaluación tiene una frecuencia temporal anual y el modelo de dinámica de la población es estructurado de acuerdo a la edad. Se consideran cuatro flotas comerciales diferentes en el modelo de evaluación, cada uno con su propio patrón de selectividad (con algunos cambios a través del tiempo). Existen datos de composición de edad disponibles para la mayoría de las flotas, pero solo datos de composición de talla para algunos (en esos casos se utiliza un modelo de crecimiento Von-Bertalanffy para convertir las edades en tallas internamente en la evaluación). Existen índices de abundancia disponibles de los datos de cruceros y CPUE comercial.

El modelo de evaluación de stock incluye una relación SR (Beverton-Holt); R_0 es estimado en el modelo de evaluación en base a esta relación SR. El steepness h se fijó en 0.8 para la evaluación de stock final (se estimó el valor de 0.8 de una ejecución previa). De allí se derivó F_{RMS} y B_{RMS} (B_{RMS} corresponde a aproximadamente 32% de B_0). Este enfoque es similar al Método 2 en la Sección 4 de este informe.

Actualmente, se deriva F_{RMS} y B_{RMS} , como se menciona en el párrafo anterior, y se utiliza 50% de B_{RMS} como B_{LIM} . Sin embargo, en base a consideraciones relacionadas con la precaución y la robustez, F_{RMS} y B_{RMS} fueron posteriormente modificados conforme a los que corresponden a 90% del RMS, y esto arroja un 40% B_0 para el SSB y el punto de referencia correspondiente para F . Esto corresponde al manejo en Chile, y no a un acuerdo dentro de la SPRFMO, donde se sugiere una evaluación y un manejo para esta población en un contexto internacional.

Clasificación Tier: 1a

Método sugerido para derivar el PBR: Para esta población, se considera viable estimar el steepness. Por lo tanto, se sugiere el Método 1. Se debe incorporar la incertidumbre del steepness en los cálculos de los puntos de referencia, en vez de usar un valor fijo. El Método 4, basado en el proxy $B_{RMS} = 0.4 B_0$



y considerando un steepness con un rango suficientemente amplio (aunque realista) podría ofrecer una alternativa apropiada.

Pez Espada (*Xiphias gladius*):

Esta es una especie altamente migratoria con una amplia distribución geográfica. Tiene un ciclo de vida de aproximadamente 12 años. La información para la evaluación es incompleta. Existe una evaluación realizada por científicos chilenos, pero tiene unos pocos años de antigüedad. Una evaluación más reciente realizada por IATTC se encuentra disponible. Ambas evaluaciones carecen de datos de composición de edad o talla de algunas flotas, a pesar que las capturas (en tonelaje total) deberían estar razonablemente completas en ambos casos.

La evaluación del 2011 realizada por IATTC utiliza $h=1.0$, y estima el actual SSB en 1.45 veces SSB_0 y las capturas recientes en menos de la mitad de la captura en RMS.

Actualmente, se utiliza $F_{40\%SPR}$ como proxy F_{RMS} , $40\%B_0$ como proxy B_{RMS} , and $20\%B_0$ como B_{LIM} .

Clasificación Tier: 1b

Método propuesto para derivar PBR: Al que igual que anchoveta de las Regiones XV-II.

7. Revisión por población individual y propuestas: Crustáceos

Existen tres especies de crustáceos: Camarón Nailon (*Heterocarpus reedi*), Langostino Amarillo (*Cervimunida johni*), y el Langostino Colorado (*Pleurocodes monodon*). Todos comparten ciertos aspectos en la recopilación de datos y evaluaciones (Tabla 2).

Tabla 2. Propiedades de cada evaluación de stock

Propiedad	Camarón	Langostino Amarillo	Langostino colorado
Composición de Longitud	1978 – 2013 (por sexo)	N: 85-86, 93-12 (por sexo)	N: 98-12
Composición		S: 81, 86, 96-99, 06-13	S: 70-89, 92-00, 09 - 12
Peso en Edad	1978 – 2013 (por sexo)	Promedio Histórico	Promedio Histórico
Proporciones de Sexo	1978 – 2013 (por zona)	Por zona	Por zona
Esfuerzo Nominal	1978 – 2013 (por zona)		
Estimación de la biomasa de crucero	1996 – 2013 (por zona)	N: 97, 99-09, 11-12 S: 82-83, 85 - 13	N: 99-09, S: 79-84, 86, 93, 96, 99-09,11-12.
Desembarques	(1949) 1978 – 2013 (por zona)	N: 85 – 12 S: 79 – 12	N: 98-12 S: 68-12



CPUE (estandarizado)	1978 - 2013 (por zona)	N: 87-91, 93 - 09, & 2012 S: 82-83, 85-13.	N: 98-12 S: 69-12
M	0.28	0.3	0.35
Modelo	Stock- Beverton-Holt	Reclutamiento promedio más desviaciones	Reclutamiento promedio más desviaciones
Reclutamiento			
h	0.7	Supuesto en 1.0	Supuesto en 1.0
F _{targ} por zona	SPR _{40%} como F _{40%} BD ₀	F ₄₀ por YPR, como un proxy para F _{40%} BD ₀ , B _{targ} a partir del coeficiente de B ₄₀ /BD ₀	F ₄₀ por YPR, como un proxy para F _{40%} BD ₀ , B _{targ} a partir del coeficiente de B ₄₀ /BD ₀
B _{targ} : B _{RMS} /BD ₀ por zona	0.4	0.4	0.4
B _{lim} : B _{RMS} /BD ₀ por zona	0.2	0.2	0.2
Tier	1 (método 2)	1 (método 3)	1 (método 3)

BD₀ es el B₀ dinámico

Camarón Nailon (*Heterocarpus reedi*):

Se recopilan datos exhaustivos con relación al camarón: CPUE, desembarques, datos de cruceros con arrastre, composición de talla comercial, y propiedades biológicas de crecimiento, talla en madurez y distribución geográfica (Tabla 2). Se utiliza un modelo estructurado en edad en un marco Bayesiano y se ajusta a las tallas (utilizando errores residuales multi-nominales), desembarques, CPUE, e índices de crucero (todos los cuales utilizan errores residuales log-normal). Los datos de edad en talla se asumen con una distribución normal alrededor de la curva von Bertalanffy con un CV constante en la medida que la longitud media aumenta. Estos arreglos son comunes para todos los crustáceos considerados en este informe. La evaluación del camarón nailon incluye una relación stock recluta BH (steepness escogido como $h = 0.7$) mientras que otras evaluaciones aún no cuentan con una relación stock recluta formal.

Existen incertidumbres con relación a las capturas iniciales (antes de la introducción de cuotas en 1995) y también con relación a la determinación de la edad utilizando tallas. Además, existen incertidumbres estructurales relacionadas con la presencia de dos stocks, y cambios significativos en la pesquería y su distribución a través de los años. Estas incertidumbres impulsan a clasificar estas especies en tier 1, método 2.

Clasificación Tier: 1b.

Se determinan los PBR utilizando el modelo de evaluación de stock estructurado a la edad con una relación stock recluta, habiendo seleccionado un h (0.7). El PBR seleccionado es SBR_{40%}, el que se obtiene utilizando un cálculo por separado una vez ajustado el modelo, que compara la actual biomasa



con la biomasa que existiría en ausencia de pesca, pero utilizando desviaciones de reclutamiento ajustados en la evaluación para estimar un B_0 dinámico.

Langostino Amarillo (*Cervimunida johni*):

Los machos presentan dimorfismo sexual en el crecimiento. Se establecieron dos unidades de pesquerías en 1996 (norte y sur). La pesquería cierra en Enero – Marzo de cada año. La selectividad ~5.5 años en el norte y 6.5 años en el sur. Existen datos de CPUE y composición de talla por sexo, estimaciones de biomasa de cruceros con arrastre, y desembarques correspondientes a una gran cantidad de años (Tabla 2). Como en el caso de otros crustáceos, el langostino Amarillo es evaluado con el uso de un modelo estructurado en edad en base al crecimiento por sexo con 11 clases de edad, todos en un marco Bayesiano. Este modelo es ajustado a las tallas (con el uso de errores residuales multinomiales), desembarques, CPUE, e índices de cruceros (todos los cuales utilizan errores residuales log-normal). Actualmente no existe una relación formal stock recluta, sino un reclutamiento promedio con desviaciones aparte de las que se utilizan.

A pesar que las capturas iniciales antes de 1995 son inciertas, existen supuestos estructurales que son inciertos con relación al uso de edades con una especie cuya edad no se puede determinar, además existen incertidumbres acerca de las delimitaciones del stock. Considerando estos temas y la falta de una relación stock recluta, este es un stock clasificado en Tier 1, Método 3.

Tier classification: 1b.

Se determinan los PBR utilizando un análisis de rendimiento por recluta para descubrir $F_{40\%}$, el que es utilizado como un proxy para $F_{40\%}BD_0$, esto implica generar una estimación de BD_0 . La tasa de $B_{40\%}/BD_0$ es usada como proxy para F_{RMS} .

Langostino Colorado (*Pleurocodes monodon*):

El modelo del langostino colorado es muy similar al del langostino Amarillo, así como los datos recopilados, a pesar que la región en el norte solo cuenta con datos correspondientes a los últimos 15 años, periodo en el que se inició la pesquería. Esta especie es también evaluada utilizando un modelo estructurado a la edad basado en tallas (sexos combinados) en un marco Bayesiano. Este modelo es ajustado a las tallas (utilizando errores residuales multinomiales), desembarques, CPUE, e índices de cruceros (todos los cuales utilizan errores residuales log-normal). Como en el caso del otro langostino, actualmente no existe una relación formal stock recluta, sino un reclutamiento promedio con desviaciones distintas a las utilizadas.

A pesar que las capturas iniciales antes de la introducción de las cuotas en 1995 con inciertas, también existen supuestos estructurales que son inciertos con relación al uso de edades con una especie respecto de la cual se desconoce la edad, además existen incertidumbres de delimitaciones del stock. Considerando estos temas y la falta de una relación stock recluta, este stock se clasifica en Tier 1, método 3.



Clasificación Tier: 1b.

Se determinan los PBR utilizando un análisis de rendimiento por recluta, utilizando las propiedades biológicas de cada área para descubrir $F_{40\%}$ el que es utilizado como un proxy para $F_{40\%}BD_0$, esto implica generar una estimación de BD_0 . La tasa de $B_{40\%}/BD_0$ se supone como proxy para F_{RMS} .

Desarrollos potenciales

Camarón Nailon (*Heterocarpus reedi*):

Los parámetros supuestos y fijos (M y h) en el modelo de evaluación podrían ser explorados utilizando un análisis de sensibilidad. Simplemente fijar valores más grandes y pequeños y volver a ajustar el modelo con el fin de analizar el impacto en la calidad del ajuste para cada set de datos utilizado en el ajuste. Esto también indicará si existe información en los datos disponibles para informar acerca de M y h . En forma alternativa, se podría utilizar un prior, en base a un meta-análisis de especies similares) como un medio para captar parte de la incertidumbre; a pesar que aún se podría requerir de análisis de sensibilidad dependiendo de la amplitud del prior seleccionado.

La incertidumbre asociada con el ajuste del modelo se puede propagar hacia las estimaciones del PBR. Al utilizar sets de parámetros generados por el proceso MCMC una vez que haya convergido la distribución posterior, se puede utilizar una selección de éstos uno a uno para desarrollar estimaciones de los $F_{40\%}$ y BD_0 requeridos y el B_{LIM} asociado, el que, al ser combinado, puede ser utilizado para producir la estimación media de cada PBR y la propagación de valores a su alrededor.

Existen otros cambios que se pueden sugerir para la implementación en el modelo de evaluación de stock y respecto de la forma en que se tratan los datos (por ejemplo, los índices acústicos actuales parecieran estar en gran medida afectados por la reducción del stock en la parte norte de la zona norte, y dividirlos podría permitir que los índices de abundancia de estos cruceros sean más congruentes con el CPUE comercial. Se podría lograr una mejor revisión de estos tratamientos de datos mediante una revisión más exhaustiva de la evaluación.

Langostino Amarillo (*Cervimunida johni*) y Langostino Colorado (*Pleurocodes monodon*):

Estos se abordan en conjunto debido a la similitud de sus evaluaciones.

En ambas especies, sería más precautorio y más realista seleccionar un valor de steepness e incluir una relación stock recluta formal, como en el caso del camarón. El arreglo actual asume un $h = 1.0$; asumiendo un h más bajo concederá una recomendación menos riesgosa. El incluir una relación stock recluta también dará lugar a un mejor método para calcular los valores PBR a utilizar (Tier 1 Método 2).

Una vez más, la incertidumbre asociada con el ajuste del modelo se puede propagar a las estimaciones de los PBR. Utilizando sets de parámetros generados por el proceso MCMC, una vez convergida la distribución previa, se puede utilizar una selección de éstos uno por uno para desarrollar estimaciones de los $F_{40\%}$ y BD_0 requeridos, y el B_{LIM} asociado, el que, al ser combinado, puede utilizarse para



producir la estimación media de cada PBR y la propagación de valores a su alrededor. El tema relacionado con las evaluaciones del langostino puede tardar más y tal vez se podría abordar posteriormente.

8. Revisión por población y propuestas: poblaciones con datos pobres

Esta categoría incluye poblaciones respecto de las cuales:

- Algunos tipos de datos importantes no se encuentran disponibles (por ejemplo, falta de datos de captura a la edad o talla), y
- Poblaciones respecto de las cuales los datos de series de tiempo son cortos con relación al ciclo de vida de la especie, a pesar que todos los tipos de datos necesarios para una evaluación tier 1 se encuentran disponible.

Para cada población, se entrega una revisión breve de los datos disponibles, método actual de evaluación, problemas principales relacionados con la evaluación, recomendaciones generales y Punto Biológico de Referencia. En el caso de algunas poblaciones no es posible derivar algunos PBR debido a su condición de “datos pobres”.

Raya (*Zearaje chilensis*; Doc 8):

Datos disponibles

- CPUE no estandarizado. Confiabilidad desconocida.
- Composición de talla por sexo.
- Composición por sexo.
- k de crecimiento, talla infinita, mortalidad natural desconocida.
- Desembarques desde 1979.

Evaluación actual.

- Modelo de captura estadística en edad (SCA, basado en frecuencia de talla) para tres zonas de pesca.
- La evaluación muestra un descenso de la biomasa cercano a un 40% del nivel en 1980. El reclutamiento disminuyó casi en la misma proporción que la caída en biomasa.

Principales problemas.

- Calidad de los datos de desembarque: sub-reportes y descartes no cuantificados. El nivel de sub-reportes y descartes se desconoce, pero podría variar entre años y puertos.



- El descarte principalmente afecta a peces <3kg . Existe cierto nivel de muestreo de descartes, pero no todas las regiones/puertos cuentan con datos de descarte. La proporción de descarte varía entre regiones.
- Estructura del stock: Evaluado y manejado como tres unidades. La evidencia científica disponible corrobora la hipótesis de una población única.

Recomendaciones:

- Dado que la evidencia disponible indica la presencia de una población en aguas chilenas, se debería realizar la evaluación sobre esta base. Las asignaciones de las sub-áreas se pueden hacer sobre la base de proporciones históricas o datos recientes que indican una densidad relativa en las sub-áreas.
- Incluir Descartes en el análisis. Se puede aplicar la tasa promedio de descartes en los puertos en los que no existe información disponible acerca de la proporción de descartes. Se podrían realizar pruebas de sensibilidad al asumir una tasa de descarte y de sub-reportes variables. Las pruebas de sensibilidad deberían considerar tanto cambios absolutos, como relativos. Se espera que las tendencias de evaluación (valores relativos) serán más robustos que los valores absolutos (por ejemplo, de biomasa). Si es así, la evaluación se puede considerar útil bajo el supuesto que las tasas de sub-reportes y descartes no cambia.
- Como los datos de captura pueden contener errores importantes, sólo los métodos de captura pueden ser sujetos a errores significativos. Sin embargo, puede aplicarse para comparar los resultados con el modelo SCA estructurado a la edad.

Recomendaciones de PBR

- Basar los PBR en el modelo SCA (Tier 1)
- Utilizar B_{40} como un proxy para B_{RMS}
- Considerar el reclutamiento R durante el periodo inicial de la serie de tiempo de la evaluación, antes de la tendencia descendiente en R , como representante de R en B_{40}
- Calcular un proxy F_{RMS} de tal manera que la pesca en esta tasa con el reclutamiento promedio representativo de R en B_{40} (conforme al punto anterior) converge en torno a una biomasa de B_{40} .
- B_{LIM} debe fijarse $=0.5 B_{40}$

Alfonsino (*Beryx splendens*; Doc 12):

Datos disponibles

- Captura, esfuerzo y CPUE estandarizado.
- Abundancia acústica (4 años).



- Composición de talla.
- Parámetros de crecimiento, mortalidad natural, esquema de maduración.

Evaluación actual

- Modelo estadístico de captura en edad (utilizando datos de frecuencia de talla).
- La evaluación indica una caída en la biomasa a lo largo de la serie de tiempo a menos de 25% del nivel inicial. El reclutamiento también ha disminuido, pero la tendencia es ruidosa a fines de la serie de tiempo cuando la biomasa desovante es estimada relativamente baja.

Principal problema

- Historia de captura (15 años desde 1998) es más corta que el ciclo de vida (la edad máxima observada es 19 años).

Recomendación

- Continuar el método de captura en edad.
- Aplicar el modelo de dinámica de la biomasa a los datos de captura y esfuerzo como una evaluación alternativa para los fines de la comparación.

Recomendaciones PBR

- Basar los PBR en el modelo SCA (Tier 1)
- Utilizar B_{40} como un proxy para B_{RMS}
- Reclutamiento promedio a través de la serie de tiempo complete debería considerarse como R en B_{RMS} (o R_{RMS}).
- Se debería derivar un proxy F_{RMS} como el F que da como resultado una biomasa = B_{40} para R_{RMS} .
- B_{LIM} debería fijarse = $0.5 B_{RMS}$

Reineta (*Brama australis*; Doc 25):

Datos disponibles

- Desembarque anual desde 1994 (20 años). Una tendencia creciente “ruidosa” ha existido cercana a 20,000 t en años recientes.
- Ciertos datos de peso y talla.
- Parámetros de crecimiento, madurez, mortalidad natural (basado en el método Pauly).

Evaluación actual

- No hay

Principales problemas



- La estructura del stock es incierta. Se encuentra ampliamente distribuida en el Pacífico. Los peces pueden migrar desde regiones fuera de Chile, pero podría existir una población sostenida a nivel local.
- La captura principal proviene de la pesquería a pequeña escala y es probable que sea objeto de sub-reportes.
- No se puede utilizar el rendimiento de la pesquería por viaje como CPUE (refiérase al punto siguiente).
- La selectividad en la utilización de las redes de enmalle podría haber cambiado a través del tiempo debido a la reducción del tamaño de la malla.

Recomendaciones Generales

Investigar la estructura del stock: distribución y calendario de migraciones de juveniles y desovantes, tasa de migración y emigración.

- Intentar un modelo estadístico captura en edad.
- Intentar un método solo de captura.

Recomendaciones PBR

- Los PBR deberían basarse en un enfoque empírico utilizando datos de captura (Tier 3).
- Utilizar la captura promedio como un proxy para RMS. Se debería utilizar criterio experto para determinar el periodo de promedio. Si el criterio es que las recientes capturas altas han dado paso a la sobrepesca, deberían excluirse del periodo de promedio. De lo contrario, si las capturas altas recientes se consideran sustentables, entonces el periodo de promedio debería abarcar un periodo reciente o a través de la serie de tiempo.
- También considerar las implicancias de si la distribución del stock se extiende más allá de aguas chilenas, de tal manera que la captura chilena es una función de la disponibilidad local, y no el tamaño de la población global total o la dinámica. En este caso, se justifican las capturas más altas si existe fundamento para creer que las capturas chilenas tienen un pequeño impacto en la población global.
- No se puede estimar F_{RMS} , B_{RMS} y B_{LIM} y no existen proxies sensibles.

Jibia (*Dosidicus gigas*; Doc 9):

Datos disponibles

- Desembarques mensuales, esfuerzo, CPUE.

Evaluación actual.

- No hay



Principal problema.

- Estructura del stock incierta. Históricamente, la mayoría de la jibia en Chile se origina en Perú. En años recientes, existe evidencia de reclutamiento en Chile y la posibilidad de una población auto-sustentable. Este tema necesita ser investigado dado que es importante para determinar una estrategia óptima para el manejo.
- Cerca de 10 años de datos de desembarque con alto nivel de capturas.

Recomendaciones generales.

- Seguir investigando la estructura del stock.
- Realizar un análisis de agotamiento.
- Probar el modelo de la dinámica de la biomasa.

Recomendaciones PBR

- Basar los PBR en un enfoque empírico utilizando datos de captura y CPUE (Tier 2).
- Establecer cuotas previo a la temporada en base a la captura histórica.
- Ajustar la cuota durante la temporada en base al CPUE del inicio de la temporada.
- Fijar un límite inferior para CPUE que gatilla el cierre. Esto requiere una escala temporal y espacial fina en los informes de temporada.
- Considerar los dos puntos anteriores por separado o en conjunto.
- Utilizar la captura promedio reciente como un proxy RMS.
- Se puede derivar y proxy B_{RMS} (como un valor relativo) de una estimación del CPUE promedio reciente.
- El proxy B_{LIM} podría ser una fracción (0.5) del CPUE en B_{RMS} . Si existe un gatillo durante la temporada para cerrar la pesquería, debe ser congruente con el valor utilizado como un proxy B_{LIM} .
- El proxy F_{RMS} podría ser derivado como esfuerzo promedio reciente.

Besugo (*Epigonus crassicaudus*; Doc 11):

Datos disponibles

- Parámetros de crecimiento, mortalidad natural, ojiva de madurez, etc.
- Desembarques, captura y esfuerzo.
- Peso medio en composiciones de talla y tamaño, composición de edad de la captura en base a lecturas de otolitos.

Evaluación actual.

- Modelo estadístico de captura en edad arrojó B_0 y reclutamiento anual.
- DCAC y DB-SRA también fueron utilizados pero los resultados son muy diferentes a los del modelo estructurado a la edad.



Principales problemas

- Historial de pesca corto (1994-2013) comparado con el ciclo de vida (54 años).

Recomendaciones generales

- Continuar evaluaciones de captura en edad.
- Probar el modelo de dinámica de la biomasa considerando que existen cerca de 20 años de datos de captura y esfuerzo.

Recomendaciones PBR

- Utilizar SCA como una base para los puntos de referencia (Tier 1).
- El proxy B_{RMS} debería ser 40% del SSB_0 de SCA.
- Se puede calcular el F_{RMS} en base al promedio de R en B_{RMS} . Con excepción de un nivel bajo de steepness, R en B_{RMS} es aproximadamente igual a R_0 . Utilizar R promedio para calcular un proxy para F_{RMS} que corresponde a un proxy B_{RMS} . Si h es bajo, esto podría resultar en una sobre-estimación del proxy F_{RMS} . Si este tema es una inquietud, se podría reducir el valor promedio de reclutamiento utilizado en el cálculo.
- El enfoque anterior es aplicable cuando existen datos insuficientes (por ejemplo, series de tiempo cortas con relación al ciclo de vida) para informar acerca de la función S-R. En el futuro, con mayor cantidad de información, el enfoque podría ser reemplazo por uno que hace uso directo de la función S-R.
- Utilizar el proxy $0.5 B_{RMS}$ como B_{LIM} .

Orange roughy (*Haplostethus atlanticus*; Doc 13):

Datos disponibles

- Captura por sexo al inicio de la pesquería (1999-2006). Esfuerzo y CPUE.
- Datos de longitud.
- Parámetros de la historia de vida: crecimiento, mortalidad natural, madurez.
- Cruceros acústicos (4 años).

Evaluación actual.

- Modelo estadístico de captura en edad (utiliza datos de longitud).
- SCA asume $h=0.75$ (siguiendo la práctica en NZ). Un análisis de sensibilidad indica que B_{RMS} se ubicaría cerca de $0.3 B_0$, que pareciera ser bajo para una especie de vida larga con una supuesta baja resiliencia. También es incongruente con el proxy B_{RMS} recomendado más abajo. El supuesto de $h=0.75$ pareciera ser alto.
- También DCAC (captura promedio corregida considerando el agotamiento).

Principal problema.



- Historia pesquera corta (8 años) comparado con el ciclo de vida (150 años).
- El stock ha atravesado un proceso de agotamiento de biomasa virginal, pero no hay reclutamiento en los desovantes impactados por la pesca.

Recomendaciones generales

- Considerar utilizar un valor bajo de h .

Recomendaciones PBR

- Utilizar un modelo SCA para los PBR (Tier 1).
- Considerar utilizar un h más bajo que corresponda al proxy B_{RMS} de B_{50} .
- Utilizar B_{50} como proxy B_{RMS} . El que sea más alto que el valor por defecto se justifica por el ciclo de vida largo de la especie y la aparente baja resiliencia (asumido a partir de varios ejemplos en el extranjero).
- Supuestamente, el modelo SCA estima los valores anuales de reclutamiento (no fueron proporcionados en el documento disponible). El valor promedio debería ser un estimado de R_0 . El R en B_{RMS} se debería derivar de R_0 de acuerdo al valor h utilizado en la evaluación.
- Derivar F_{RMS} para corresponder con el proxy B_{RMS} basado en el valor de R_{RMS} del punto anterior.

Sugerencias generales para stocks con datos pobres:

- Proporcionar los parámetros de la historia de vida en una tabla, incluyendo los parámetros de crecimiento, mortalidad natural, edad máxima, edad en madurez, edad de reclutamiento, etc.
- Proporcionar valores de punto de referencia: RMS , F_{RMS} , B_0 , B_{RMS} en valores absolutos (además de valores de escala (por ejemplo, a B_0 o F_{RMS})).
- Proporcionar una estimación de incertidumbre, por ejemplo, parámetros de historia de vida, F , B .
- Utilizar solo métodos de captura para todas las especies a fin de realizar un análisis rápido y compararlos con métodos para datos ricos.

9. Tabla de resumen de las determinaciones PBR recomendadas

PELAGICOS	Tier	Método PBR	Comentarios
Anchoveta Regiones XV-II	1b	Método 4. Objetivo $B_{40\%}$, BH & Ricker.	Potencial para utilizar datos de crucero acústico sobre huevos



		Prior amplio en h (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.	para informar estimaciones de steepness.
Anchoveta Regiones III-IV	1b	Método 4. Objetivo B _{40-60%} , BH & Ricker. Prior amplio en h (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.	
Anchoveta Regiones V-X	1b	Método 4. Objetivo B _{40%} , BH & Ricker. Prior amplio en h (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.	
Sardina Española Regiones III-IV y XV-II	1b	Método 4. Objetivo B _{40-60%} . Puntos de referencia calculados de evaluaciones previas.	B ₀ derivado dependiendo de si el cambio de régimen es aceptado para el período desde el último año de la evaluación de stock.
Sardina Común Regiones V-X	1b	Método 4. Objetivo B _{40%} , BH & Ricker. Prior amplio en h (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción	Se pueden utilizar procedimientos alternativos para abordar los aparentes cambios de régimen - estimar múltiples valores de R ₀ en la evaluación de stock o seleccionar un reclutamiento promedio reciente fuera del modelo de evaluación.
Sardina Austral (X Región)	1b	Method 4. Objetivo B _{40-60%} , BH & Ricker. Amplio prior en h (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.	
Jurel	1a	Método 1. Method 4 with B _{40%} target possible alternative.	La incertidumbre en steepness que se reflejará en los puntos de referencia.
Pez espada	1b	Método 4. Objetivo B _{40%} , BH (Ricker?). Prior amplio en h (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.	
DEMERSAL			
	Tier	Método PBR	Comentarios



Merluza Común	1a	<p>Método 1</p> <p>Estimar F_{RMS} y B_{RMS}</p> <p>Método 4</p> <p>Objetivo B40%, BH y Ricker. Steepness distinto del modelo MLE y desviación estándar.</p>	<p>$B_{LIM} = \frac{1}{2} B_{msy}$</p> <p>Se debe evaluar la potencial importancia de la depredación de la jibia sobre la productividad del stock. Se recomienda estimar los puntos de referencia con y sin el componente de mortalidad natural de la jibia.</p>
Merluza de Cola	1b	<p>Método 3.1 y Método 4</p> <p>Proxies: Objetivo F40% , Objetivo B40%, BH (Ricker?). Amplio rango de priors (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.</p>	<p>Evaluate the potential effect of a regime shift in 1999.</p> <p>$B_{LIM} = B_{20\%}$ para todos los demersales en Nivel 1b.</p>
Merluza Austral	1b	<p>Objetivo F40%</p> <p>Objetivo B40%, BH (Ricker?). Amplio rango de priors (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.</p> <p>Método 3.1 y Método 4</p>	
Congrio Dorado del norte y del sur	1b	<p>Objetivo F40%</p> <p>Objetivo B40%, BH (Ricker?). Amplio rango de priors (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.</p>	
Merluza de Tres Aletas	1b	<p>Objetivo F40%</p> <p>Objetivo B40%, BH (Ricker?). Amplio rango de priors (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.</p>	
Bacalao	1b	<p>Objetivo F40%</p> <p>Objetivo B40%, BH (Ricker?). Amplio rango de priors (BH uniforme 0.5-0.95) a menos que se justifique otra opción.</p>	
CRUSTACEOS			
	Tier	Método PBR	Comentarios



Camarón Nailon	1b method2	SPR40% como objetivo F40% Objetivo B40%, BH (h = 0.7)	Sensibilidades ante h y M Y se deberán realizar estimaciones de incertidumbre del MCMC.
Langostino Amarillo	1b method3	F40% como objetivo, B40% como objetivo. R0 y desviaciones	Implementar reclutamiento de stock BH con un rango de h
Langostino Colorado	1b method3	F40% como objetivo, B40% como objetivo. R0 y desviaciones	Implementar reclutamiento de stock BH con un rango de h
"DATOS POBRES"			
	Tier	Método PBR	Comentarios
Raya	T 1	Utilizar B ₄₀ como proxy para B _{RMS} Considerar reclutamiento R durante el periodo inicial de la serie de tiempo de evaluación, previo a la tendencia de descenso en R, como representativo de R en B ₄₀ Calcular un proxy F _{RMS} de tal manera que la pesca en esta tasa con un reclutamiento representativa de R en B ₄₀ (según el punto anterior) converge en promedio a una biomasa de B ₄₀ .	B _{LIM} de debe fijar =0.5 B ₄₀
Alfonsino	T 1	Basar los BPRS en el modelo SCA (Tier 1) Utilizar B ₄₀ como proxy de BRMS El reclutamiento promedio sobre la serie de tiempo completa debería asumirse como R en BRMS (o RRMS). Se debe derivar un proxy FRMS como el F que arroja una biomasa = B ₄₀ para RRMS.	B _{LIM} se debe fijar=0.5 B _{RMS}
Reineta	Tier 3	Utilizar la captura promedio como un proxy para RMS. Se debe usar criterio experto para determinar el periodo medio. Si el criterio es que las capturas elevadas recientes han dado paso a la sobre pesca, deben ser excluidas del período medio. De lo contrario, si no es así y las capturas	B _{LIM} no se puede estimar y no existen proxies razonables.



		<p>elevadas recientes se consideran sustentables, entonces el periodo medio debe considerar un periodo reciente o la serie de tiempo completa.</p> <p>Asimismo considerar las implicancias si el stock se extiende más allá de aguas chilenas de tal manera que la captura chilena es una función de la disponibilidad local, y no del tamaño de la población o la dinámica general. En este caso, las capturas más elevadas se justifican si existen motivos para creer que las capturas chilenas tienen un impacto menor en la población total.</p> <p>F_{RMS}, B_{RMS} y B_{LIM} no se pueden estimar y no existen proxies razonables.</p>	
Jibia	Tier 2	<p>Utilizar la captura promedio reciente como un proxy RMS.</p> <p>Un proxy B_{RMS} (como valor relativo) podría ser derivado de una estimación de CPUE reciente promedio.</p> <p>El proxy B_{LIM} podría ser una fracción (0.5) del CPUE en B_{RMS}. Si existe un gatillo para cerrar la pesquería, debe ser congruente con el valor utilizado como proxy B_{LIM}</p> <p>Se puede derivar el proxy F_{RMS} como el esfuerzo promedio reciente.</p>	No se puede estimar B_{LIM}
Besugo (Cardinal fish)	T1	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar SCA como base para los puntos de referencia (Tier 1). • El proxy B_{RMS} debe ser 40% de SSB_0 de SCA. • Se puede calcular F_{RMS} sobre la base del R promedio en B_{RMS}. Con excepción de un steepness bajo, R en B_{RMS} es aproximadamente lo mismo que R_0. Utilizar R promedio para calcular el proxy para F_{RMS} que corresponde a proxy B_{RMS}. Si el h es bajo, esto podría resultar en una sobre-estimación del 	



		<p>proxy F_{RMS}. Si esto es una preocupación, el valor promedio de reclutamiento utilizado en el cálculo se debe reducir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El enfoque anterior es aplicable cuando existe insuficientes datos (por ejemplo, series de tiempo cortas con relación al ciclo de vida) para informar acerca de la función S-R. En el futuro, con mayor información, se podrá reemplazar el enfoque por uno que hace uso directo de la función S-R. • Utilizar el proxy $0.5 B_{RMS}$ como B_{LIM}. 	
Orange roughy		<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar el modelo SCA para PBRs (Tier 1). • Considerar utilizar un h más bajo que corresponda a un proxy B_{RMS} de B_{50}. • Utilizar B_{50} como proxy de B_{RMS}. Se justifica que sea más alto que el valor por defecto considerando la larga vida de la especie y la aparente baja resiliencia. • Supuestamente, el modelo SCA estima los valores de reclutamiento anual (no fueron entregados en el documento disponible). El valor promedio debería ser un estimado de R_0. Se debe derivar el R en B_{RMS} de R_0 de acuerdo al valor de h utilizado en la evaluación. • Derivar el F_{RMS} para que corresponda con el proxy B_{RMS} en base al valor de R_{RMS}, conforme al punto anterior. 	

10. Referencias

Clark, W.G. (1991). Groundfish exploitation rates based on life history parameters. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48, 734-750.

Clark, W. G. (1993). The effect of recruitment variability on the choice of a target level of spawning biomass per recruit. Pages 233–246 in G. Kruse, R. J. Marasco, C. Pautzke, and T. J. Quinn II, editors. Proceedings of the international symposium on management strategies for exploited fish populations. University of Alaska, Alaska Sea Grant College Program Report 93-02, Fairbanks.

Dick, E.J. and MacCall, A.D. (2011). Depletion-based Stock Reduction Analysis: A catch-based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks. Fisheries Research, 110, 331-341.



MacCall, A. D. (2009). Depletion-corrected average catch: a simple formula for estimating sustainable yields in data-poor situations. *ICES Journal of Marine Science*, 66, 2267–2271

Mace, P. M. and Sissenwine, M.P. (1993). How much spawning per recruit is enough? *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 120, 110–118.

Martell, S. and Froese, R. (2013). A simple method for estimating RMS from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 4, 504-514.

National Research Council, NRC (2013). Evaluating the effectiveness of fish stock rebuilding plans in the United States. National Academies Press. Washington, DC. 292 p.

Patterson, K. (1992). Fisheries for small pelagic species: an empirical approach to management targets. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2, 321-338.

Punt, A.E. and Szuwalski, C. (2012). How well can F_{RMS} and B_{RMS} be estimated using empirical measures of surplus production? *Fisheries Research*, 134-136, 113-124.

Thompson, G.G. (1993). A proposal for a threshold stock size and maximum fishing mortality rate. In *Risk evaluation and biological reference points for fisheries management*. Edited by S.J. Smith, J.J. Hunt, and D. Rivard. pp. 303–320. *Canadian Special Publications on Fisheries and Aquatic Sciences* 120. pp. 303–320.

Zhou, S., Yin, S., Thorson, J.T., Smith, A.D.M. and Fuller, M. (2012). Linking fishing mortality reference points to life history traits: an empirical study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 69: 1292–1301.

Zhou et al (2013).