



INFORME TÉCNICO OFICIAL

N°
022/08

Fecha
08 abril 2008

Páginas
16

DIRECCIÓN: Pesquerías de Pelágicas y Ambiente Marino

PROGRAMA / GABINETE: Pesquerías de Peces Pelágicos.
Sub-Programa Anchoíta.

ACTIVIDAD: Síntesis de la información sobre anchoíta obtenida durante años anteriores.

Título: **MODELO DE PRODUCCIÓN ESTRUCTURADO POR EDADES Y CAPTURAS BIOLÓGICAMENTE ACEPTABLES DE ANCHOÍTA (*Engraulis anchoíta*) AL SUR DE 41°S ESTIMADAS PARA EL AÑO 2008.**

Citar Indicando la fuente. El contenido no debe ser reproducido total o parcialmente sin la expresa conformidad del INIDEP

PREPARADO POR:

FIRMA: 08/ 04 / 08
.....día/mes/año
NOMBRE: A. Jorge E. Hansen

FIRMA: 08/ 04 / 08
.....día/mes/año
NOMBRE: Claudio C. Buratti

FIRMA: 08/ 04 / 08
.....día/mes/año
NOMBRE: A. David Garcarena

FIRMA: / /
.....día/mes/año
NOMBRE:

FIRMA: / /
.....día/mes/año
NOMBRE:

SOLICITADO POR:

INSTITUCION:

CARGO:

APROBADO POR:

JEFE DE PROGRAMA / GABINETE

DIRECTOR DE ÁREA

DIRECTOR NACIONAL DE INVESTIGACIÓN

DIRECTOR INIDEP

MODELO DE PRODUCCIÓN ESTRUCTURADO POR EDADES Y CAPTURAS BIOLÓGICAMENTE ACEPTABLES DE ANCHOÍTA (*Engraulis anchoita*) AL SUR DE 41°S ESTIMADAS PARA EL AÑO 2008

por

Jorge E. Hansen, Claudio C. Buratti y A. David Garcíarena

Resumen

Se ajustó un modelo de producción con estructura de edades a la evolución de la población patagónica de anchoíta entre los años 1960 y 2007. Para calibrar ese ajuste se empleó, como índice independiente de abundancia total, la serie de estimaciones obtenidas en ocho campañas acústicas efectuadas a partir de 1993. De acuerdo con el modelo la biomasa total de la población en el mes de diciembre de cada año habría alcanzado valores entre 0,6 y 2,2 millones de toneladas, promediando 1,22 millones. Para aconsejar niveles de capturas aceptables en la actualidad se llevó a cabo un análisis de riesgo por simulación, mediante el cual se evaluó la probabilidad de que distintas tasas de pesca comprometieran a largo plazo la cantidad de reproductores o bien provocasen que la pesquería estuviese sostenida por una elevada cantidad de juveniles. En cada serie de simulaciones, realizadas a partir de 2008 y por 16 años, un valor de mortalidad por pesca se mantuvo constante pero se introdujo incertidumbre en cada una de 600 vueltas respecto de la biomasa total presente a comienzos de 2007 y de los reclutamientos futuros. El riesgo se definió como la disminución a largo plazo de la biomasa del efectivo reproductor por debajo de tres límites (BRL): el 30% y el 35% de la mayor biomasa de reproductores registrada desde 1960 (BR_{\max}), y el 35% de la biomasa virginal estimada (BRV). También se evaluó el riesgo que las capturas a largo plazo estén integradas por 20% o más de ejemplares juveniles. Los primeros tres objetivos resultaron en estimaciones de capturas biológicamente aceptables durante 2008 (CBA_{2008}) entre 69 mil y 341 mil toneladas. En cambio, aquel relacionado con la composición de las extracciones sugiere valores en torno a las 115-120 mil toneladas. Atendiendo a las limitaciones en el conocimiento de la pesquería y de la importancia ecológica de la especie, así como a la conveniencia de mantener un criterio precautorio, se recomienda promover un desarrollo gradual de la pesquería y adoptar para el año en curso una CBA de 100.000 toneladas.

1. Introducción

Las expectativas de aumentar de forma significativa la explotación del efectivo patagónico de anchoíta no terminan de concretarse. Los desembarques todavía se encuentran muy por debajo del aparente potencial biológico del recurso, aunque este se estime manteniendo una perspectiva muy conservadora en atención a la importancia de la especie en los ecosistemas de la región (Hansen *et al.*, 2006 y 2007). Las máximas capturas anuales obtenidas del efectivo (años 1993 y 1995) fueron aproximadamente el doble de las casi 3300 toneladas producidas en 2007.

Se han comentado en informes previos los alcances y limitaciones de la información referida a esta pesquería (Hansen y Garcíarena, 2004 y 2005; Hansen *et al.*, 2006 y 2007). En particular, se carece de una serie de datos de captura por grupos de edad y la evaluación de la población en los últimos años se ha efectuado ajustando a las capturas nominales un modelo de producción con estructura de edades (Deriso *et al.*, 1985; Hilborn, 1990). La

confianza que merece este ajuste está ligada a la realización de campañas de estimación directa de la abundancia, cuyos resultados están concebidos para ser usados como índices para calibración del modelo de producción.

En esta oportunidad se actualizan datos y estimaciones anteriores (Hansen y Garciarena, 2004 y 2005; Hansen *et al.*, 2006 y 2007) incorporando las capturas de anchoíta al sur de los 41° de latitud en el año 2007, aunque sin poder agregar un nuevo valor a la serie de calibración. Como es habitual, el objetivo final ha sido simular la aplicación de niveles de pesca crecientes, para analizar el riesgo inherente a esas presiones de explotación sobre la biomasa de la fracción reproductora de la población en el largo plazo, guiándose de esta forma la determinación de máximos de capturas aceptables desde el punto de vista biológico correspondientes al año 2008.

2. Materiales y métodos

Los diagnósticos de la evolución y del estado de la población se efectuaron ajustando un modelo de producción con estructura de edades, con la ayuda de un índice de abundancia derivado de campañas de estimación acústica de la biomasa de la población para calibrar tal ajuste. En general, la formulación y conceptos explicativos incluidos en este informe con referencia al modelo, desarrollado en una planilla de cálculo *Excel 5.0*, reiteran aquellos indicados por Hansen *et al.* (2007). Las únicas modificaciones adoptadas en esta oportunidad han sido las siguientes:

- a) Además de utilizarse la función definida por Beverton y Holt (1957) para la relación *stock*-recluta, se empleó la función propuesta por Ricker (1954, 1975), la cual fue reparametrizada siguiendo a Cubillos (1994) y Cubillos *et al.* (2002).
- b) En lugar de funciones logísticas se emplearon polinomios de tercer o cuarto orden (según fuera necesario) para ajustar curvas teóricas a los datos de riesgo resultantes de las proyecciones de población ante distintos niveles de pesca.

2.1. Información básica utilizada

- Las capturas anuales nominales de anchoíta por la flota pesquera, entre los años 1961 y 2007, provistas por el Centro de Cómputos del INIDEP y ajustadas para considerar aquellas logradas al sur de 41°S (Tabla 1);
- una estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural calculada en investigaciones anteriores (Hansen *et al.*, 1984), y asumida como constante ($M = 1,05$) para toda edad y año;
- vectores anualmente constantes de pesos medios por edad en el *stock*, estimados a inicios, a mediados y al 15 de diciembre del año, derivados de los datos de las campañas realizadas entre 1993 y 2006 (Tabla 2) y asumidos en las capturas como iguales a los estimados al día 1° de julio para el efectivo;
- las proporciones de individuos maduros por grupo de edad, también derivadas de las campañas, así como los factores de selección específicos de cada grupo de edad en el efectivo (Tabla 3), calculados a partir de la curva de captura promedio del período (Sparre y Venema, 1991); y

- resultados de evaluaciones de biomasa de anchoíta correspondientes a las campañas que se efectuaron en diciembre (Tabla 4), todos los años entre 1993 y 1999, con la excepción de 1997 (Hansen y Madirolas, 1996; Hansen, 1994, 1995, 1996, 1998 y 1999), así como en 2004 y 2006 (Alvarez Colombo *et al.*, 2005; Hansen, 2007).

2.2. Estimación de la abundancia de la población

La cantidad de ejemplares de cada edad t en la población al inicio de cada año y , fue estimada como:

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{-(M + S_{t-1} F_{y-1})} \quad \text{para } t = 2, 3, 4 \text{ y } 5$$

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{-(M + S_5 F_{y-1})} + N_{6,y-1} e^{-(M + S_6 F_{y-1})} \quad \text{para } t = 6 \text{ años y mayores (grupo +)}$$

asumiendo M (la tasa instantánea de mortalidad natural) como constante para todo año y edad, y que los factores de selección (S_t) han sido variables entre edades, pero constantes de un año a otro.

El reclutamiento de cada año ($N_{1,y}$) se determinó a partir de la biomasa del efectivo reproductor existente en diciembre del año $y-1$, esto es BR_{y-1} , aunque permitiendo que el ajuste efectuase ciertas variaciones sobre los reclutamientos teóricos, mediante la incorporación de un vector de factores Ω_y , (para $y= 1961, 1962, \dots, 2007$). Como se ha indicado, a este efecto se empleó en la oportunidad la función de Beverton y Holt:

$$N_{1,y} = \frac{BR_{y-1}}{\alpha + \beta BR_{y-1}} \exp(\Omega_y);$$

pero también se hizo el ajuste utilizando la función de Ricker:

$$N_{1,y} = \alpha' BR_{y-1} \exp(-\beta' BR_{y-1}) \exp(\Omega_y)$$

donde alfa y beta (o bien, α' y β') son parámetros a estimar de la respectiva relación *stock* – recluta, mientras que dos valores relevantes de biomasa (la abundancia total al inicio del año, BO_y , y la de reproductores en la época de puesta, BR_y) son calculados como:

$$BO_y = \sum_{t=1}^{6+} (W_t^O N_{t,y})$$

$$BR_y = \sum_{t=1}^{6+} (W_t^r N_{t,y} Pm_t \exp(-Z_{t,y} * 0,95))$$

expresando W_t^0 y W_t^r el peso medio de cada edad t a inicios del año y al 15 de diciembre, Pm_t la proporción de ejemplares adultos por edad, y $Z_{t,y}$ la tasa de mortalidad total ($= M + S_t F_y$).

La población de anchoíta patagónica se supuso en equilibrio y libre de pesca en el inicio del año 1960, y las capturas anuales en peso (C_y) a partir de $y = 1961$ se consideraron exactas e iguales a:

$$C_y = \sum_{t=1}^{6+} W_t^1 S_t F_y N_{t,y} \frac{1 - \exp[-(M + S_t F_y)]}{M + S_t F_y}$$

donde W_t^1 representa el peso medio de cada edad t a mediados de año.

La biomasa total (B_y) considerada al 15 de diciembre, por ser el momento de reproducción y también de realización de las campañas de evaluación acústica, se estimó de la siguiente forma:

$$B_y = \sum_{t=1}^{6+} (W_t^r N_{t,y} \exp(-Z_{t,y} * 0,95))$$

2.3. Índice de ajuste

El modelo se ajustó con un índice de abundancia derivado de la biomasa total estimada mediante las campañas de evaluación de diciembre (BC_y) efectuadas los años 1993 a 1996, 1998, 1999, 2004 y 2006, respecto a la correspondiente al primer año de esta serie. Esto es:

$$BC_y \text{ relat } BC_{1993} = BC_y / BC_{1993} \quad y = 1993, 1994, 1995, 1996, 1998, 1999, 2004 \text{ y } 2006$$

fuentes: campañas evaluación, 15 de diciembre

Se asumió una relación lineal entre el valor del índice y el estimado del modelo, de la forma:

$$I_y = \hat{I}_y e^{\varepsilon_y^i} \quad \text{donde } \varepsilon_y \sim N(0; (\sigma)^2)$$

Como I_y representó la biomasa total en toneladas evaluada acústicamente en cada campaña de investigación, su estimador \hat{I}_y resultó proporcional a la biomasa calculada por el modelo para el año y en la fecha del crucero (15 de diciembre), y se calculó de la manera siguiente:

$$\hat{I}_y = \hat{q} B_y$$

El coeficiente de proporcionalidad del índice (q) fue calculado analíticamente según Polachek *et al.* (1993):

$$q = \exp \left(\frac{1}{n} \sum_{y=1}^n \ln (I_y / \hat{X}_y) \right)$$

donde $n = 8$ es el número de años con valores disponibles del índice de abundancia, y \hat{X}_y representa el valor respectivo estimado por el modelo (biomasa total al 15 de diciembre).

El índice fue ajustado minimizando el menos logaritmo de la función de máxima verosimilitud (L), correspondiente a una distribución log normal:

$$-\ln L = \frac{1}{2(\hat{\sigma})^2} \sum (\ln(\hat{I}_y) - \ln(I_y))^2 + n \ln \hat{\sigma}$$

La desviación estándar residual $\hat{\sigma}$ de la serie de abundancia fue estimada empleando la siguiente expresión:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_y (\ln(\hat{I}_y) - \ln(I_y))^2};$$

2.4. Proceso de ajuste y restricciones impuestas al modelo

Para evitar la estimación de demasiados parámetros del modelo, los coeficientes de la función de Beverton y Holt para el reclutamiento se calcularon asumiendo la condición de equilibrio de la estructura por edades en el año 1960, cuando el recurso era virgen, según ha sido propuesto por Francis (1992) y Punt y Japp (1994):

$$\alpha = \frac{BR_{1960} (1-h)}{4 h R_0}; \quad \beta = \frac{5 h - 1}{4 h R_0}$$

donde h simboliza la “inclinación” de la curva *stock* – recluta. Esta sería la proporción esperada de reclutamiento, respecto de la condición virginal, en caso que el tamaño del efectivo desovante se redujera a una proporción r (generalmente 0,2) del existente antes del inicio de la pesquería.

La reformulación de parámetros propuesta por Cubillos (1994) y Cubillos *et al.* (2002) para la función de Ricker puede escribirse como:

$$\alpha' = \frac{\exp(1)}{\tau (BR_{1960} / R_0)}; \quad \beta' = \frac{\ln[\exp(1) / \tau]}{BR_{1960}}$$

siendo τ el cociente entre las pendientes de dos rectas que pasan por el punto 0,0 del gráfico *stock*-recluta: una (cuya pendiente es el numerador del cociente) pasa también por el punto BR_{1960}, R_0 , mientras que otro punto de la restante es el valor $BR_{R_{\max}}, R_{\max}$.

En ambos casos BR_{1960} (=BRV) es la biomasa de reproductores en la época reproductiva, con anterioridad a la fase de explotación del recurso, y R_0 representa la cantidad de reclutas anuales en ese momento, que puede derivarse de la biomasa virgen total (K) de la siguiente manera:

$$R_0 = \frac{K}{\sum_{t=1}^{6+} W_t^0 p_t} \quad \text{siendo } p_t \begin{cases} = 1 \\ = p_{t-1} \exp(-M) \\ = p_{t-1} \exp(-M) / [1 - \exp(-M)] \end{cases} \quad \text{para } t \begin{cases} = 1 \\ = 2, 3, 4, 5 \\ = 6 + \end{cases}$$

y calculándose $N_{t,1960} = R_0 * p_t$

El modelo fue ajustado con la rutina *Solver* del programa Excel, minimizando el menos logaritmo de la función de máxima verosimilitud por medio de la variación automática de los siguientes estimadores:

- vector de tasas de mortalidad pesquera anuales (F_y , para $y=1961, 1962, \dots, 2007$);
- vector de factores de variación aplicados a los estimados determinísticos de los reclutamientos anuales (Ω_y , para $y=1961, 1962, \dots, 2007$);
- biomasa virgen total (K), al inicio del año 1960; y
- inclinación de la curva *stock* – recluta, h (o del parámetro τ , según correspondiera).

Las opciones de la rutina incluyeron el método lineal de estimación, por derivadas centrales, halladas por el método de Newton, usando escala automática, con una precisión de 10^{-6} , una tolerancia de 5% y convergencia a la milésima. Las restricciones impuestas fueron las siguientes:

- igualdad de las capturas totales anuales estimadas por el modelo (C_y) con aquellas nominales incluidas en la Tabla 1;
- variación del estimador h limitada al rango 0,05 – 0,95;
- variación de los factores aleatorios de reclutamiento, respecto de los valores determinados por la función *stock* – recluta, limitados al rango 0,33 – 3,00 (esto es: $-1,09 \geq \Omega_y \leq 1,09$).

2.5. Análisis de riesgo y estimación de capturas biológicamente aceptables

Después de estimar la abundancia y composición del efectivo de anchoíta patagónica durante el año 2007 por medio del modelo de producción con estructura de edad, se efectuaron simulaciones para proyectar el estado futuro de la población y medir el riesgo biológico de colapso asociado a distintas intensidades de explotación. Dichas simulaciones

se realizaron aplicando valores constantes de F_y por 16 años a partir de 2008. El procedimiento se repitió 600 veces para cada uno de los 17 valores de F_y sucesivamente mayores sometidos a prueba, obteniéndose, para cada año y, las medias aritméticas y los desvíos estándares de la biomasa poblacional al inicio del año (BO_y), de biomasa de reproductores en la época de puesta (BR_y), y también de capturas anuales (C_y).

En las proyecciones se introdujo cierta incertidumbre sobre la estimación del modelo de producción acerca de la biomasa total existente a comienzos de 2007 (BO_{2007}), sorteando valores normalmente distribuidos alrededor de dicha estimación con una desviación estándar SBO_{2007} tal que: $SBO_{2007} = 0,3 * BO_{2007} / 1,96^1$. Además, se asumió incertidumbre en los reclutamientos futuros, suponiéndose que los mismos podrían tener una distribución log-normal, con la media y el rango de variación que correspondieron a los valores surgidos del modelo de producción. El valor medio de dicha distribución se estimó como:

$$\mu_{\ln R} = \ln \bar{R} - (\sigma_{\ln \bar{R}}^2 / 2)$$

donde \bar{R} representa el valor promedio surgido del modelo, y

$$\sigma_{\ln \bar{R}} = (\ln R_{\max} - \ln R_{\min}) / 2 * 1,96$$

donde R_{\max} y R_{\min} fueron los valores extremos máximo y mínimo resultantes del modelo.

El número de ejemplares de cada grupo de edad en la población al comienzo del año, $N_{t,y}$ (para $t=2$ a 5 y para $t=6+$), se estimó según las fórmulas indicadas en la página 3 de este informe, sólo que incorporando como F_y los valores de F sometidos a prueba. También la biomasa total al inicio de cada año (BO_y), la de reproductores en el momento de la reproducción (BR_y), y las capturas proyectadas bajo las distintas tasas de mortalidad pesquera simuladas se calcularon con las ecuaciones anteriormente expuestas.

Para guiar la recomendación de niveles de extracción durante el año 2008 se mantuvo como punto de referencia la “Captura anual biológicamente aceptable” (CBA). Esta se obtendría aplicando al vector de números por edad del año 2007 (proyectado al 1° de enero de 2008 para toda edad superior a 1) un valor de mortalidad por pesca (F_{ref}) que, en el largo plazo, mantuviera un nivel de biomasa de reproductores con un riesgo biológico de sobreexplotación igual o menor al 10%. El riesgo se definió como la disminución de la biomasa del efectivo reproductor por debajo de un determinado límite (BRL). A este efecto se evaluaron en primera instancia dos valores límites, como en años previos:

1) un nivel de cierta seguridad para la evolución futura de la población, consistente en una biomasa de reproductores (BRL = 362 mil toneladas) igual al 30% de la mayor biomasa parental estimada por el modelo de producción al 15 de diciembre (BR_{\max}); y

¹ En cada sorteo se calculó el valor de F que rindiera las capturas nominales correspondientes al año 2007 y la cantidad correspondiente de individuos de edades 2 a 6+ sobrevivientes al inicio de 2008.

2) una biomasa de reproductores igual al 35% de la existente cuando el recurso era virgen, esto es, el estimado del modelo correspondiente a diciembre de 1960: $BRV = BR_{1960}$, el cual determinó una BRL de 254 mil toneladas.

Además, en esta oportunidad se efectuó el análisis de riesgo correspondiente a:

3) una biomasa límite de mayor seguridad, estimada como $BRL = 0,35 BR_{máx} = 422$ mil toneladas; y, considerando importante atender a la composición por edades de las futuras capturas, a efectos que estas no estuviesen mantenidas en el largo plazo por una gran cantidad de juveniles:

4) capturas de juveniles (biomasa extraída de la edad 1 y mitad de la correspondiente al grupo de edad 2).

3. Resultados y discusión

Sea empleando la relación *stock-recluta* de Beverton y Holt como la de Ricker, el modelo de producción con estructuras de edades produjo estimaciones muy similares y ajustó en forma aceptable a los datos disponibles de anchoíta patagónica del período 1960 – 2007 (Fig. 1). No obstante, por la suspensión de la campaña de investigación planificada para diciembre de 2007 debe lamentarse no haber podido incorporar un valor más a la serie de datos de calibración. Las estimaciones de los parámetros del modelo se presentan en la Tabla 5.

Los estimados puntuales de biomasa total de anchoíta patagónica en la época de reproducción variaron según los distintos años entre 0,6 y 2,2 millones de toneladas, con una media de 1,22 millones (Fig. 2). La magnitud del *stock* parental en esos años (BR_y), cuyo valor mínimo se estimó en 349 mil toneladas, no mostró una clara relación (Fig. 3) con los consecuentes reclutamientos anuales a la edad 1 (R_{y+1}), cuyo promedio fue aproximadamente 185 mil millones de individuos.

Se han reunido en la Tabla 6 los resultados de los análisis de riesgo efectuados y las estimaciones de capturas biológicamente aceptables (CBA) durante el año 2008, que corresponderían a los distintos objetivos a largo plazo posibles para la pesquería,.

En primera instancia, para establecer una biomasa de reproductores límite (BRL) se adoptó como base el mayor valor de biomasa de reproductores observado durante el período de estudio ($BR_{Máx}$). Si se pretendiera como en informes anteriores (Hansen *et al.*, 2006 y 2007) que el valor a largo plazo no disminuyese por debajo del 30% de ese máximo histórico estimado, los resultados actuales indican que correspondería fijar una BRL de 362 mil toneladas y se calcularía una captura biológicamente aceptable (CBA) de 147.500 toneladas durante el año 2008. Modificando ligeramente al 35% la fracción de la $BR_{Máx}$ a ser respetada, a fin que la BRL (= 422 mil) se aleje del mínimo estimado (349.000 t), la CBA cambiaría en forma apreciable, cayendo a unas 70 mil toneladas (Fig. 4a).

De modo inverso, investigar la alternativa de fijar una BRL igual al 35% de la biomasa parental virginal ($BRL = 254$ mil toneladas), que representaría un nivel muy inferior al mínimo histórico, conduce a estimar una CBA mucho más alta, de unas 340.000 toneladas. No obstante, al considerar la composición de las capturas futuras y fijar la restricción que las mismas no incluyan en el largo plazo una proporción superior al 20% de individuos juveniles, independientemente de la magnitud de la biomasa de reproductores, la estimación de CBA_{2008} resulta en valores en torno a las 115-120 mil toneladas (Fig. 4b).

Ya hemos comentado (Hansen *et al.*, 2007) que existen diferentes criterios para determinar una BRL y que no existe acuerdo sobre la calidad de cada opción (DFO, 2005). Entre estos pueden citarse: (a) distintos porcentajes de la biomasa virginal de reproductores; (b) los mínimos niveles de abundancia parental a partir de los cuales la población ha mostrado capacidad de mantenerse o recuperarse; (c) magnitudes que produzcan ya sea la mitad del reclutamiento teórico máximo, o (d) el promedio registrado.

En relación con la anchoíta patagónica, no puede garantizarse que cantidades de reproductores inferiores a las mínimas del pasado vayan a generar en el futuro reclutamientos alrededor de los valores medios previstos en las proyecciones. Por este motivo convendría que la CBA₂₀₀₈ se estableciera entre 69 mil y 147.000 toneladas; o bien entre 115 y 120 mil, si se pretende una menor incidencia sobre los individuos juveniles. Pero cabe también incorporar a la discusión precedente algunos elementos cualitativos, que incluyen las ya aludidas limitaciones de la información disponible acerca de esta pesquería (incertidumbre acerca de la composición de las capturas comerciales pasadas, relativamente pocas campañas de estimación directa de abundancia, etc.), como también la importancia de la especie en los ecosistemas marinos australes, algunos de ellos señalados como ecológicamente sensibles y que incluyen especies carismáticas de aves y mamíferos que se alimentan de anchoíta. En definitiva, y respetando los criterios de precaución aceptados internacionalmente (FAO, 1995) parece adecuado insistir para el año 2008 con la recomendación efectuada por Hansen y Garcíarena (2004) consistente en adoptar una CBA de 100.000 toneladas y promover un desarrollo gradual de la pesquería.

Manteniendo constante en el largo plazo la tasa de mortalidad pesquera (F_{ref}) capaz de producir este último valor de captura actual, se pronostica que dentro de unos pocos años los rendimientos se estabilizarían (siempre asumiendo reclutamientos en torno al promedio) alrededor de las 70 mil toneladas. A su vez, la biomasa total y de reproductores lo harían a niveles cercanos al 66-60% respecto de los correspondientes al año 2007. Esto supone que los predadores naturales de la anchoíta al sur de 41° de latitud dispondrían todavía de una abundancia considerable de alimento.

4. Bibliografía

- ALVAREZ COLOMBO, G.; CABREIRA, A.; MADIROLAS, M. & CASTRO MACHADO, F. 2005. Resultado de las evaluaciones acústicas de abundancia de anchoíta (*Engraulis anchoíta*): Campañas OB-07/04 y OB-10/04. Inf. Téc. Int. INIDEP 032/05, 7 pp.
- BEVERTON, R.J.H. & HOLT, S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations., U.K. Min. Agric. Fish. Food, Fish Invest., Ser. II, 19, 533 pp.
- CUBILLOS, L. 1994. Estimating the parameters of the stock- recruitment model of Ricker from a yield-per-recruit model in data-limited situations. Fish. Res., 20: 229 – 242.
- CUBILLOS, L.; HERNÁNDEZ, A.; SEPÚLVEDA, A. & ARCOS, D. 2002. Equilibrium yield-curve analysis through an analytic age-structured production model: A sensitive study for the Chilean jack mackerel fishery. Fish. Res., 24: 395 – 407.
- DERISO, R.B.; QUINN, T.J. & NEAL, P.R. 1985. Catch age analysis with auxiliary information. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42(4): 815 – 824.
- DFO 2005. Spawning Stock Biomass Reference Points for Southern Gulf of St. Lawrence Herring. Department of Fisheries and Oceans Can. Sci. Advis. Sec. Advis. Rep. 2005/070, 7 pp.

- FAO 1995. Precautionary approach to fisheries. Part 1: guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and species introductions. FAO Fish.- Tech. Pap. 350, Part 1, 52 pp.
- FRANCIS, R.I.C.C. 1992. Use of risk analysis to assess fishery management strategies: a case study using orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the Chatam Rise, New Zealand. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49(5): 922 – 930.
- HANSEN, J.E. 1994. Evaluación de anchoíta patagónica. Informe Técnico de Campaña “OB-10/94”. Bibliot. INIDEP (no publ.), 23 pp. y Anexos.
- HANSEN, J.E. 1995. Evaluación de anchoíta patagónica, 41° -45°30'S. Informe Técnico de Campaña “OB-14/95”. Bibliot. INIDEP (no publ.), 29 pp. y Anexos.
- HANSEN, J.E. 1996. Evaluación de anchoíta patagónica, diciembre de 1996. Informe Técnico de Campaña “OB-14/96”. Bibliot. INIDEP (no publ.), 22 pp. y Anexos.
- HANSEN, J.E. 1998. Investigación de recursos pesqueros norpatagónicos durante diciembre de 1998. Informe Técnico de Campaña “OB-10/98”. Bibliot. INIDEP (no publ.), 28 pp. y Anexos.
- HANSEN, J.E. 1999. Evaluación de anchoíta patagónica en la primavera del año 1999. Informe Técnico de Campaña “OB-08/99”. Bibliot. INIDEP (no publ.), 11 pp. y Anexos.
- HANSEN, J.E. 2007. Evaluación de anchoíta patagónica (41°-45°20'S) e investigación del Golfo San Matías en la primavera de 2006. Informe Técnico de Campaña “EH-09/06”. Bibliot. INIDEP (no publ.), 18 pp. y Anexos.
- HANSEN, J.E. & MADIROLAS, A. 1996. Distribución, evaluación acústica y estructura poblacional de la anchoíta (*Engraulis anchoita*). Resultados de las campañas del año 1993. Rev. Invest. y Des. Pesq., 10: 5 - 21.
- HANSEN, J.E. & GARCIARENA, A.D. 2004. Modelo de producción aplicado a la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al sur de los 41°S, y estimación de capturas biológicamente aceptables durante el año 2004. Inf. Téc. Int. INIDEP 01/04, 17 pp.
- HANSEN, J.E. & GARCIARENA, A.D. 2005. Diagnóstico de la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al sur de los 41°S, y estimación de capturas biológicamente aceptables durante el año 2005. Inf. Téc. Int. INIDEP 36/05, 15 pp.
- HANSEN, J.E.; GRU, D.L. & COUSSEAU, M.B. 1984. Características poblacionales de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) del Mar Argentino. Parte I. El largo medio al primer año de vida, crecimiento y mortalidad. Rev. Invest. y Des. Pesq., 4: 21 - 48.
- HANSEN, J.E.; BURATTI, C.C & GARCIARENA, A.D. 2006. Diagnóstico de la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al sur de 41°S, y estimación de capturas biológicamente aceptables durante el año 2006. Inf. Téc. Int. INIDEP 02/06, 13 pp.
- HANSEN, J.E.; BURATTI, C.C & GARCIARENA, A.D. 2007. Modelo de producción aplicado a la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al sur de 41°S, y estimación de capturas biológicamente aceptables durante el año 2007. Inf. Téc. Int. INIDEP 23/07, 14 pp.
- HILBORN, R. 1990. Estimating the parameters of full age-structured models from catch and abundance data. Bull. int. N.Pac.Fish. Comm., 50:207 - 213.
- POLACHEK, T.; HILBORN, R. & PUNT, A.E. 1993. Fitting surplus production models: comparing methods and measuring uncertainty. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50: 2597 – 2607.
- PUNT, A.E. & JAPP, D.W. 1994. Stock assessment of the kingklip *Genypterus capensis* off South Africa. S. Afr. J. Mar. Sci., 14: 133-149.
- RICKER, W.E. 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Bd. Can., 11: 559-623.
- RICKER, W.E. 1975. Computations and interpretations of biologist statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 191, 382 pp.
- SPARRE, P. & VENEMA, S.C. 1991. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fish. Tech. Pap., 306.2, Rev.2, 94 pp.

Tabla 1. Capturas nominales (toneladas) de anchoíta al sur de los 41°S por la flota argentina. Periodo 1960 – 2007.

Año	toneladas	Año	toneladas	Año	Toneladas
1960	0	1976	1021	1992	1286
1961	533	1977	1018	1993	5729
1962	424	1978	664	1994	2124
1963	626	1979	990	1995	6517
1964	857	1980	2140	1996	4546
1965	825	1981	2477	1997	4189
1966	549	1982	2020	1998	663
1967	671	1983	2115	1999	6430
1968	1609	1984	1940	2000	1691
1969	775	1985	2409	2001	953
1970	681	1986	3142	2002	762
1971	1027	1987	3874	2003	1526
1972	2053	1988	3894	2004	1018
1973	1717	1989	6171	2005	4947
1974	1520	1990	1759	2006	1923
1975	958	1991	1477	2007	3271

Tabla 2. Estimación de los pesos medios por grupo de edad (gramos) en el efectivo de anchoíta patagónica, en diferentes momentos del año. Periodo 1960 – 2007.

Grupo Edad	1° enero	1° julio	15 diciembre
1	1,21	3,78	7,17
2	7,51	11,94	16,24
3	16,63	21,25	25,26
4	25,61	29,57	32,81
5	33,09	36,16	38,59
6	38,80	41,04	42,79

Tabla 3. Estimación de la proporción de individuos maduros y del factor de selección por grupo de edad en el efectivo de anchoíta patagónica. Periodo 1960 – 2007.

Edad	Prop.Mad.	Fact.Selecc.
1	0,150	0,027
2	0,710	0,632
3	1,000	1,000
4	1,000	1,000
5	1,000	1,000
6	1,000	1,000

Tabla 4. Biomasa de anchoíta patagónica de las edades 1-6+, estimada por métodos acústicos en campañas de investigación realizadas durante el periodo 1993 – 2007.

Año	toneladas	Año	Toneladas
1993	764702	1998	1327565
1994	975298	1999	1025945
1995	1905394	2004	1091813
1996	2177411	2006	1574359

Tabla 5. Estimadores de los parámetros del modelo de producción con estructura de edad ajustado a los datos de anchoíta patagónica del periodo 1960 – 2007. Los parámetros alfa y beta son las constantes de la ecuación stock – recluta de Beverton & Holt (siendo h su “parámetro de inclinación”) o de Ricker (con τ como parámetro auxiliar de ajuste); K es la biomasa virgen total a inicios de año; BRV es la biomasa virgen de reproductores (diciembre 1960), valor estimado también mediante la biomasa de reproductores a largo plazo proyectada en ausencia de pesca ($BRLP_{F=0}$); $BR_{m\acute{a}x}$ es la máxima abundancia de reproductores estimada; $BR_{Rm\acute{a}x}$ aquella correspondiente al reclutamiento teórico máximo $R_{m\acute{a}x}$; R_{med} representa el reclutamiento medio estimado y BR_{Rmedio} la biomasa parental que lo produce.

Stock-Recluta	Bev. - Holt	Ricker	Stock-Recluta	Bev. - Holt	Ricker
Parám. h	0,734				
Parám. τ		0,732	$BR_{m\acute{a}x}$ 1960-2007	1206672	1206699
alfa	0,349	0,964	$BR_{Rm\acute{a}x}$	1206672	553212
beta	4,83E-06	1,81E-06	$R_{m\acute{a}x}$	187000	196124
K	1431256	1431331	R_{med}	185615	185560
BRV	725522	725560	BR_{Rmedio}	623800	757600
$BRLP_{F=0}$	722816	724889			

Tabla 6. Resultado de los análisis de riesgo y capturas biológicamente aceptables (CBA) en el año 2008, correspondientes a distintos objetivos a largo plazo establecidos para la pesquería de anchoíta patagónica a partir de las estimaciones del modelo de producción con estructura de edad ajustado a los datos de del periodo 1960 – 2007.

	Stock-Recluta	Bev. - Holt	Ricker
Objetivo		BRL	BRL
$BR > 0,35 BR_{m\acute{a}x}$		422000	422000
CBA 2008		74500	68800
Objetivo		BRL	BRL
$BR > 0,30 BR_{m\acute{a}x}$		362000	362000
CBA 2008		147500	147500
Objetivo		BRL	BRL
$BR > 0,35 BRV$		254000	254000
CBA 2008		341000	338000
Objetivo		BRL	BRL
Capt. Juv. < 20%		-	-
CBA 2008		118000	114900

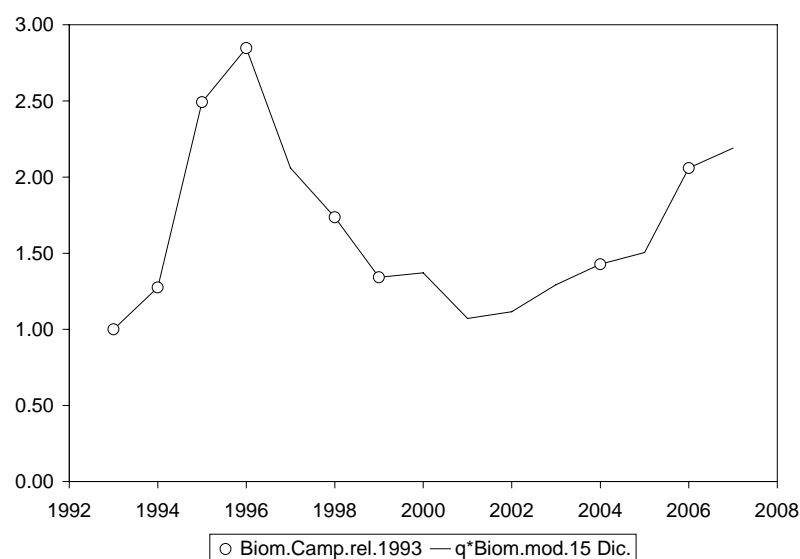


Figura 1. Ajuste del índice empleado para calibrar el modelo de producción con estructuras de edades (función *stock* – recluta de Ricker), consistente en la biomasa total estimada mediante las campañas de evaluación (BC_y) que se efectuaron desde diciembre de 1993 vs. biomasa al 15 de diciembre estimada por el modelo (valores relativos al año 1993).

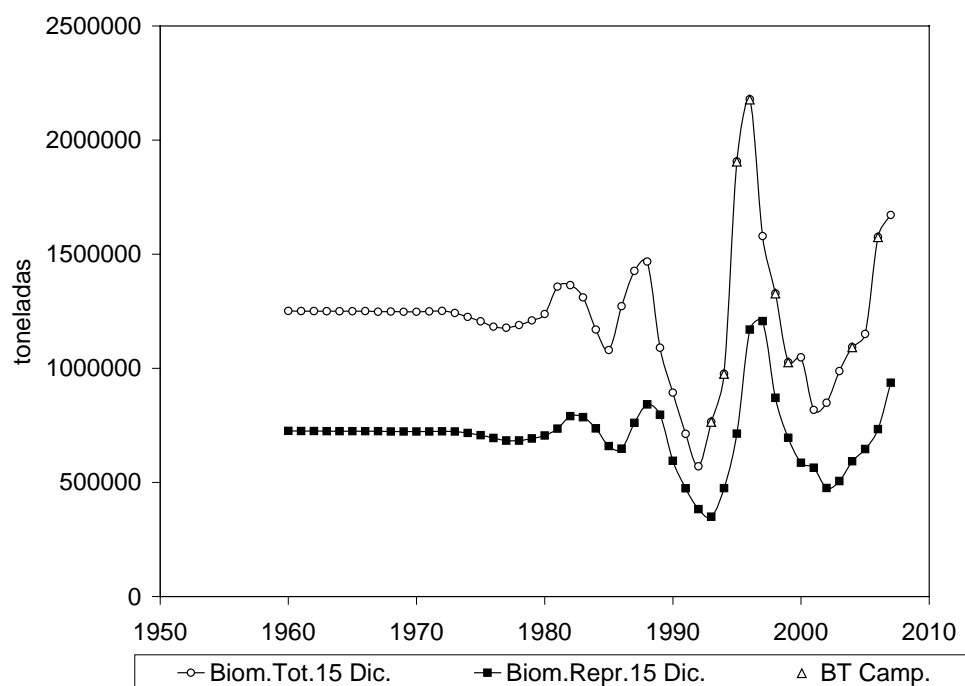


Figura 2. Estimaciones anuales de la biomasa total y de la fracción de reproductores (ambas al 15 de diciembre) según el modelo de producción (función *stock* – recluta de Ricker), y evaluaciones acústicas de la abundancia total en las campañas llevadas a cabo entre 1993 y 2007.

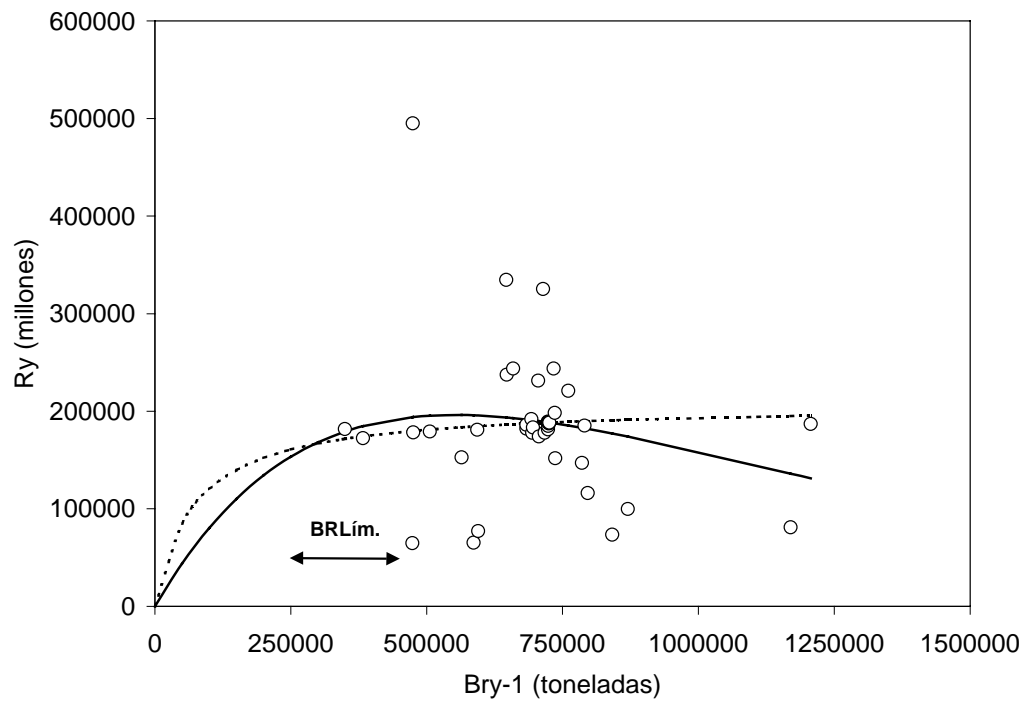


Figura 3. Reclutamientos anuales (R_y) en función de la biomasa parental al 15 de diciembre (BR_{y-1}), según las estimaciones anuales modelo de producción, y curvas de Beverton y Holt (trazos) y de Ricker (línea llena) ajustadas a esos valores. Se indica el rango de biomazas de reproductores tomadas como niveles límites en distintos objetivos de los análisis de riesgo.

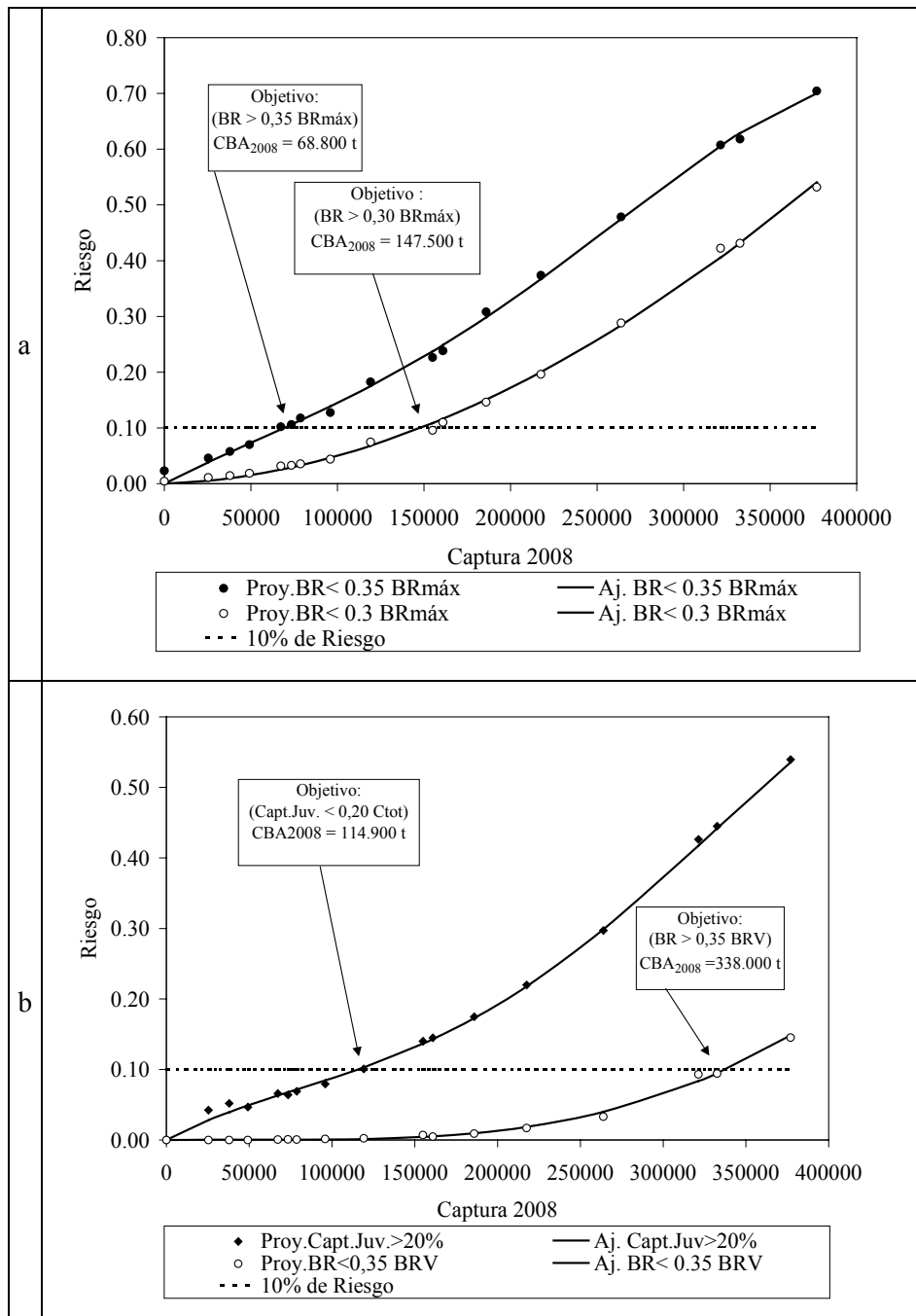


Figura 4. Riesgos asociados a capturas biológicamente aceptables durante el año 2008, considerando (a) dos opciones límites de la Biomasa de Reproductores (BRL) en función del valor máximo estimado por el modelo ($BRL \geq 0,30 \text{ BRmáx}$ y $BRL \geq 0,35 \text{ BRmáx}$), y (b) opciones establecidas en función de la biomasa reproductiva virgen ($BRL \geq 0,35 \text{ BRV}$) o bien de la proporción máxima de juveniles en las capturas futuras.