



**INIDEP**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN  
Y DESARROLLO PESQUERO

# INFORME TÉCNICO OFICIAL

Número <b>006 - -</b>	Páginas <b>117 -</b>	Dirección Direcc. de Pesquerías Pelágicas y Ambiente Marino
Fecha de aprobación <b>23 MAR 2010</b>	Programa / Gabinete Pesquerías de Peces Pelágicos	Actividad Estudio del rendimiento potencial de anchoíta bonaerense y patagónica.

**DIAGNÓSTICO DE LA POBLACIÓN DE ANCHOITA AL SUR DE 41°S  
MEDIANTE UN MODELO DE PRODUCCIÓN ESTRUCTURADO POR  
EDADES Y ESTIMACIÓN DE CAPTURAS BIOLÓGICAMENTE  
ACEPTABLES EN EL AÑO 2010**

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

**SOLICITADO POR**

Institución	Cargo
-------------	-------

**PREPARADO POR**

Firma:	Nombre: <b>Jorge E. Hansen</b>
Firma:	Nombre: <b>Claudio C. Buratti</b>
Firma:	Nombre: <b>A. David Garcarena</b>
Firma:	Nombre: <b>Nombre</b>
Firma:	Nombre: <b>Nombre</b>

**APROBADO POR**

Firma:	Nombre: <b>Jefe de Programa / Gabinete</b>
Firma:	Nombre: <b>Director de área</b> Lic. DANIELA BERTUCCHE Dir. Dirección Pesq. Pelágicas y Medio Ambiente
Firma:	Nombre: <b>Dr. OTTO C. WÖHLER</b> DIRECTOR Dirección Nacional de Investigación INIDEP
Firma:	Nombre: <b>Director del INIDEP</b>
Firma:	Nombre:

**D.N.I. 192**

# DIAGNÓSTICO DE LA POBLACIÓN DE ANCHOÍTA AL SUR DE 41°S MEDIANTE UN MODELO DE PRODUCCIÓN ESTRUCTURADO POR EDADES Y ESTIMACIÓN DE CAPTURAS BIOLÓGICAMENTE ACEPTABLES EN EL AÑO 2010

por

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

\* Instituto Nacional de investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

## Resumen

Se estudió la estructura y abundancia que habría mostrado el efectivo patagónico de anchoíta entre los años 1960 y 2009. A este fin se ajustó un modelo de producción con estructura de edades, calibrado con un índice independiente de la biomasa total constituido por estimaciones directas. Estas últimas fueron resultado de ocho campañas acústicas realizadas a partir del año 1993, la última de las cuales se llevó a cabo en diciembre de 2006. Se practicaron dos distintos ajustes, cada uno asumiendo una función *stock* - recluta particular, pero en cada caso se obtuvieron resultados muy similares a los que se informaron el año previo (Hansen *et al.*, 2009). Fueron estimados los valores de la abundancia total de la población en el mes de diciembre de los distintos años, que se situaron dentro del rango 0,6 - 2,2 millones de toneladas, promediando 1,22 millones. En segunda instancia se efectuaron análisis de riesgos, mediante simulaciones, para determinar las tasas constantes de mortalidad por pesca más altas que tuvieran una baja probabilidad (10%) de disminuir peligrosamente a largo plazo el efectivo de reproductores, y/o de causar que las capturas futuras estuvieran integradas por 20% o más de individuos juveniles. Tres niveles límites de biomasa del efectivo reproductor (BRL) fueron sometidos a prueba: 30% y 35% de la mayor biomasa de reproductores registrada desde 1960 ( $BR_{máx}$ ), y 35% de la biomasa virginal estimada (BRV). Por efecto de la gran amplitud de este rango ( $248.000 t < BRL < 434.000 t$ ), las capturas que pudieran definirse como biológicamente aceptables durante 2010 ( $CBA_{2010}$ ) alcanzarían, según el objetivo perseguido, entre 62 mil y casi 400 mil toneladas. Limitarlas a valores entre 123 mil y 153 mil toneladas aun garantizaría capturas constituidas por una proporción deseable de peces grandes. Sin embargo, existen otras razones de diversa índole que atender, como la escasa explotación actual, la destacada importancia de la especie en los ecosistemas patagónicos, la localización de las concentraciones principales de la especie en ambientes de alta sensibilidad, etc. Por lo tanto, la precaución sugiere recomendar una CBA para el presente año 2010 que no supere las 100.000 toneladas.

## 1. Introducción

La explotación de la anchoíta que habita al sur de 41° continúa claramente por debajo de sus posibilidades. No obstante haberse recomendado niveles de capturas máximas muy conservadores (Hansen y Garcíarena, 2004 y 2005; Hansen *et al.*, 2006 *et*

*seq.*), las cifras propuestas han superado con holgura a los desembarques anuales efectivamente producidos. Profundizando esta tendencia, los registros más recientes indican capturas de 3300 toneladas en el año 2007, de 2400 toneladas en 2008, y de sólo 303 toneladas en 2009.

Aun en este marco de muy escaso aprovechamiento directo, conviene recordar siempre el papel clave de la especie en los mares patagónicos, y que sus mayores concentraciones suelen ocurrir en ambientes ecológicamente sensibles, elementos de importancia si se pretende manejar las pesquerías con un enfoque basado en las características de los ecosistemas. También, que existen limitaciones en la información disponible sobre esta población y su pesca, relacionadas especialmente con la falta de distinción por grupos de edad de los datos de captura comercial. De hecho, la abundancia y estructura de la anchoíta patagónica se ha estimado durante los últimos años mediante modelos que no la requieren, como son los modelos de producción con estructura etaria, MPEE (Deriso *et al.*, 1985; Hilborn, 1990).

El presente informe expone los resultados del último estudio de esta serie, en el que se integraron los registros de desembarques de anchoíta patagónica durante el año 2009, aunque una vez más debiendo lamentar que no se haya realizado la campaña anual de evaluación directa programada para ese año. Esta información hubiese facilitado el ajuste del modelo, mediante el agregado de un punto más reciente a la serie de calibración. Como es habitual, a partir de los resultados de los MPEE se analizaron los riesgos asociados a hipotéticas tasas futuras de mortalidad pesquera, con el objeto de identificar los valores máximos de captura que podrían aceptarse en el año 2010 sin amenazar la sustentabilidad de la población.

## 2. Materiales y métodos

El ajuste del modelo de producción con estructura de edades, empleado para estimar los principales parámetros de la dinámica de la población y diagnosticar su estado actual, fue calibrado con un indicador independiente de la evolución de su abundancia. Este se conformó sobre la base de los resultados de ocho campañas de evaluación acústica efectuadas a partir del año 1993. Los aspectos y ecuaciones básicas pertinentes al modelo se reiteran en este informe, pero ya fueron expuestos por Hansen *et al.* (2007 *et seq.*). Nuevamente, para vincular la abundancia de reproductores con la de reclutas generados se ajustaron las funciones propuestas por Beverton y Holt (1957) y por Ricker (1954, 1975), en ambos casos definiendo apropiadamente sus parámetros para disminuir la cantidad de incógnitas a ser estimadas.

### 2.1. Información básica utilizada

- Las capturas anuales nominales de anchoíta por la flota pesquera, entre los años 1961 y 2009, provistas por el Centro de Cómputos del INIDEP y filtradas de modo de incluir solamente aquellas provenientes del 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;

- los vectores de pesos medios por edad en el *stock* (constantes para todo año), estimados a inicios, a mediados y al 15 de diciembre del año, derivados de los datos de las campañas de evaluación acústica (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

- las evaluaciones directas de biomasa en los cruceros de 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).

Tabla 1. Capturas nominales (toneladas) de anchoíta al sur de 41°S por la flota argentina. Período 1960 – 2009.

Año	toneladas	Año	toneladas	Año	toneladas
1960	0	1977	1.018	1994	2.124
1961	533	1978	664	1995	6.517
1962	424	1979	990	1996	4.546
1963	626	1980	2.140	1997	4.189
1964	857	1981	2.477	1998	663
1965	825	1982	2.020	1999	6.430
1966	549	1983	2.115	2000	1.691
1967	671	1984	1.940	2001	953
1968	1.609	1985	2.409	2002	762
1969	775	1986	3.142	2003	1.526
1970	681	1987	3.874	2004	1.018
1971	1.027	1988	3.894	2005	4.947
1972	2.053	1989	6.171	2006	1.923
1973	1.717	1990	1.759	2007	3.271
1974	1.520	1991	1.477	2008	2.438
1975	958	1992	1.286	2009	303
1976	1.021	1993	5.729		

Tabla 2. Estimación de los pesos medios (gramos) de anchoítas patagónicas de distintos grupos de edad, en tres momentos del año. Período 1960 – 2009.

Grupo Edad	1° enero	1° julio	15 diciembre
1	1,12	3,63	6,99
2	7,33	11,75	16,06
3	16,46	21,11	25,14
4	25,49	29,48	32,75
5	33,03	36,12	38,58
6	38,78	41,04	42,81

Tabla 3. Estimación de la proporción de individuos maduros y del factor de selección por grupo de edad en el efectivo de anchoíta patagónica. Período 1960 – 2009.

Edad	Prop.Mad.	Fact.Selecc.
1	0,150	0,026
2	0,710	0,161
3	1,000	0,576
4	1,000	0,906
5	1,000	0,986
6	1,000	0,998

Tabla 4. Biomasa de anchoíta patagónica de las edades 1 a 6, estimada por métodos acústicos en campañas de investigación realizadas durante el período 1993 – 2009.

Año	toneladas	Año	toneladas
1993	764.702	1998	1.327.565
1994	975.298	1999	1.025.945
1995	1.905.394	2004	1.091.813
1996	2.177.411	2006	1.574.359

## 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:

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{-(M + S_{t-1} F_{y-1})} \quad [1]$$

para  $t = 2, 3, 4$  y  $5$

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{-(M + S_5 F_{y-1})} + N_{6,y-1} e^{-(M + S_6 F_{y-1})} \quad [2]$$

para  $t = 6$  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  $\Omega_y$ , (para  $y= 1961, 1962, \dots, 2009$ ). Como se ha indicado, a este efecto se hizo un ajuste usando la función de Beverton y Holt:

$$N_{1,y} = \frac{BR_{y-1}}{\alpha + \beta BR_{y-1}} \exp(\Omega_y); \quad [3]$$

mientras que en otro ajuste se adoptó la función de Ricker:

$$N_{1,y} = \alpha' BR_{y-1} \exp(-\beta' BR_{y-1}) \exp(\Omega_y) \quad [3']$$

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

$$BO_y = \sum_{t=1}^{6+} (W_t^O N_{t,y}) \quad [4]$$

$$BR_y = \sum_{t=1}^{6+} (W_t^r N_{t,y} Pm_t \exp(-Z_{t,y} * 0,95)) \quad [5]$$

expresando  $W_t^O$  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:

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

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:

$$B_y = \sum_{t=1}^{6+} (W_t^r N_{t,y} \exp(-Z_{t,y} * 0,95)) \quad [7]$$

### 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:

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

fuente: campañas evaluación, 15 de diciembre

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

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

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):

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

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 disminuir la cantidad de parámetros a estimar por el modelo, las constantes de la relación *stock* - recluta de Beverton y Holt 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):

$$\alpha = \frac{BR_{1960}(1-h)}{4hR_0}; \quad \beta = \frac{5h-1}{4hR_0}$$

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.

Al asumir la función de Ricker, se usó una formulación de parámetros propuesta por Cubillos (1994) y Cubillos *et al.* (2002):

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

donde  $\tau$  es el cociente entre las pendientes de dos rectas que pasan por el punto 0,0 del gráfico *stock* - recluta; el punto  $BR_{1960}, R_0$  es el segundo que determina la recta cuya pendiente es el numerador del cociente, mientras que el segundo punto para trazar la otra recta 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:

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

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  $y=1961,1962,\dots,2009$ );
- vector de factores de variación aplicados a los estimados determinísticos de los reclutamientos anuales ( $\Omega_y$ , para  $y=1961,1962,\dots,2009$ );
- biomasa virgen total ( $K$ ), al inicio del año 1960; y
- inclinación de la curva *stock* - recluta,  $h$  (o del parámetro  $\tau$ , 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 (estos:  $-1,09 \geq \Omega_y \leq 1,09$ ).

## 2.5. Análisis de riesgo y estimación de capturas biológicamente aceptables

A partir de los resultados del modelo de producción con estructura de edad, efectuando simulaciones por computadora se proyectó el hipotético estado futuro de la población y se midieron los riesgos biológicos de colapso asociados a valores de explotación en aumento. Dichas simulaciones se realizaron aplicando valores constantes de  $F_y$  por 16 años a partir de 2010. El número de individuos de los grupos de edad 2 a 6+ en este año inicial se asumió proyectando las estimaciones del MPEE correspondientes a los grupos 1 a 5 a comienzos del año 2009, mientras que los reclutas en 2010 se calcularon a partir del efectivo parental del año previo y los parámetros de la relación *stock* - recluta. El procedimiento se repitió 600 veces para cada uno de 17 valores de  $F_y$  sucesivamente mayores sometidos a prueba. Así se obtuvieron, 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 admitió que existe cierta incertidumbre acerca de la estimación, mediante el modelo ajustado, de la biomasa total que habría existido a inicios del año 2009 ( $BO_{2009}$ ), y así fueron sorteados valores normalmente distribuidos, alrededor de una media igual a esa estimación y con una desviación estándar  $SBO_{2009}$  tal que:  $SBO_{2009} = 0,3 * BO_{2009} / 1,96^1$ . Además, se indujo variabilidad de los reclutamientos futuros, suponiendo su distribución log-normal alrededor de las medias teóricas correspondientes a la función *stock*- recluta adoptada, con un rango de variación derivado de los valores extremos de reclutas estimados por el modelo de producción. Así, los promedios teóricos de dichas distribuciones se calcularon de la manera siguiente:

$$\mu_{\ln R} = \ln \left( \frac{BR_{y-1}}{\alpha + \beta BR_{y-1}} \right) - \left( \frac{\sigma_{\ln R}^2}{2} \right) \quad \text{en el caso de la función de Beverton - Holt; o bien, al usarse la de Ricker:}$$

$$\mu_{\ln R} = \ln \left[ \alpha' BR_{y-1} \exp(\beta' BR_{y-1}) \right] - \left( \frac{\sigma_{\ln R}^2}{2} \right)$$

considerando los valores R de reclutamientos anuales surgidos del modelo, y

<sup>1</sup> En cada sorteo se calculó el valor de F que rindiera las capturas nominales correspondientes al año 2009 y la cantidad correspondiente de individuos de edades 2 a 6+ sobrevivientes al inicio de 2010.

$\sigma_{\ln \bar{R}} = (\ln R_{m\acute{a}x} - \ln R_{m\acute{i}n}) / 2 * 1,96$ ; donde  $R_{m\acute{a}x}$  y  $R_{m\acute{i}n}$  fueron los extremos máximo y mínimo observados.

La cantidad en la poblaci3n de ejemplares por grupo de edad al comienzo del año,  $N_{t,y}$  (para  $t=2$  a  $5$  y para  $t= 6+$ ), se estim3 según las f3rmulas numeradas como [1] y [2], incorporando como  $F_y$  los valores de  $F$  sometidos a prueba. La biomasa total al inicio de cada año ( $BO_y$ ), la de reproductores en el momento de la reproducci3n ( $BR_y$ ), y las capturas proyectadas bajo las distintas tasas de mortalidad pesquera simuladas se calcularon con las ecuaciones [4] a [7], anteriormente expuestas.

Con el objeto de recomendar una cifra máxima de explotaci3n durante el año en curso, se mantuvo el criterio de establecer la “Captura anual biol3gicamente aceptable”. La CBA resultaría de aplicar sobre los ejemplares presentes al 1o de enero de 2010 una mortalidad por pesca ( $F_{ref}$ ) que, en el largo plazo, cause un bajo riesgo biol3gico de sobreexplotaci3n (10%). Se estableci3 la existencia de riesgo cuando la disminuci3n de la biomasa del efectivo reproductor disminuy3 por debajo de un determinado límite (BRL). A este efecto se evaluaron, como en informes previos:

1) niveles relativamente seguros para la poblaci3n, preservando biomasa de reproductores iguales a 30% del mayor nivel estimado por el modelo de producci3n ( $BR_{m\acute{a}x}$ ), y que equivalieron a BRL entre 362 y 372 mil toneladas, dependiendo de la ecuaci3n *stock* - recluta empleada;

2) biomasa límite de mayor seguridad, calculadas como  $BRL = 0,35 BR_{m\acute{a}x}$ , esto es, entre 422 y 434 mil toneladas de reproductores; y

3) una fracci3n (35%) de la abundancia de reproductores existente en diciembre de 1960, cuando el recurso era virgen,  $BRV = BR_{1960}$ , el cual determin3 ( $248.000 < BRL < 255$  mil toneladas).

De forma adicional, para evitar que los desembarques futuros no est3n conformados por una elevada cantidad de juveniles, se determinaron igualmente los niveles de extracci3n que cumplieran con la condici3n final:

4) capturas de juveniles (biomasa extraída de la edad 1 y mitad de la correspondiente al grupo de edad 2) menores a 20% del rendimiento total en el largo plazo.

Para ajustar curvas te3ricas a los resultados de los análisis de riesgos se usaron polinomios de cuarto orden.

### 3. Resultados y discusi3n

Con cualquiera de las funciones utilizadas para describir la relaci3n *stock* - recluta de anchoíta patag3nica, el modelo de producci3n estructurado ajust3 en forma aceptable a los datos de del período 1960 – 2009 (Fig. 1). No obstante, por la suspensi3n de las ıltimas campañas de investigaci3n programadas para diciembre, el ıltimo valor de la serie de datos de calibraci3n correspondi3 al año 2006. En alguna forma por esta causa, las estimaciones

de los parámetros del modelo (Tabla 5) fueron muy similares a las presentadas en informes anteriores (Hansen *et al.*, 2008 y 2009).

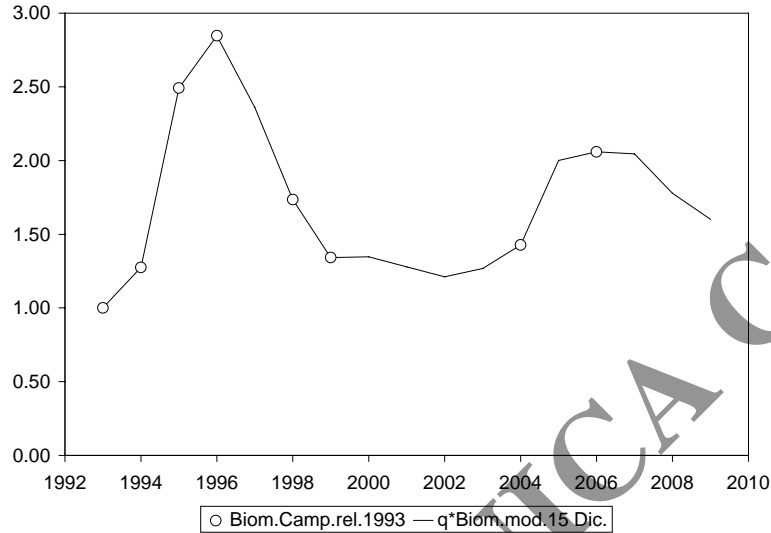


Figura 1. Ajuste del índice empleado para calibrar el modelo de producción con estructuras de edades (función *stock* - recluta de Ricker), consistente en la biomasa total estimada mediante las campañas de evaluación ( $BC_y$ ) que se efectuaron desde diciembre de 1993 vs. biomasa al 15 de diciembre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

Tabla 5. Estimadores de los parámetros del modelo de producción con estructura de edad ajustado a los datos de anchoíta patagónica del período 1960 – 2009. Los parámetros alfa y beta son las constantes de la ecuación *stock* - recluta de Beverton y Holt (siendo  $h$  su “parámetro de inclinación”) o de Ricker (con  $\tau$  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.

<i>Stock</i> - Recluta	Bev. - Holt	Ricker	<i>Stock</i> - Recluta	Bev. - Holt	Ricker
Parám. $h$	0,730				
Parám. $\tau$		0,732	$BR_{m\acute{a}x}$ 1960-2009	1.205.000	1.240.000
alfa	0,356	0,964	$BR_{Rm\acute{a}x}$	1.205.000	540.000
beta	4,80E-06	1,85E-06	$R_{m\acute{a}x}$	196.000	192.000
$K$	1.435.948	1.400.425	$R_{med}$	186.000	184.000
$BRV$	728.000	710.000	$BR_{Rmedio}$	628.000	715.000
$BRLP_{F=0}$	734.000	698.000			

La biomasa total de anchoíta patagónica en la época de reproducción habría variado entre los distintos años en el rango entre 0,6 y 2,2 millones de toneladas, promediando 1,22 millones (Fig. 2). El mínimo *stock* reproductivo ( $BR_y$ ) en esos años se estimó en 348 mil toneladas, y la magnitud de esa fracción de la población ha continuado sin mostrar una relación firme (Fig. 3) con los consecuentes reclutamientos anuales a la edad 1 ( $R_{y+1}$ ), cuyo promedio fue cercano a 184 mil millones de individuos.

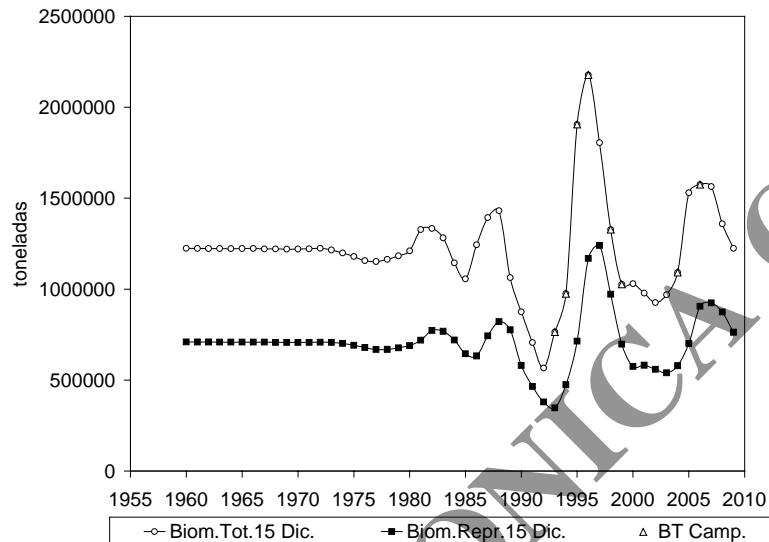


Figura 2. Estimaciones anuales de la biomasa total y de la fracción de reproductores (ambas al 15 de diciembre) según el modelo de producción (función *stock* - recluta de Ricker), y evaluaciones acústicas de la abundancia total en las campañas llevadas a cabo entre 1993 y 2009.

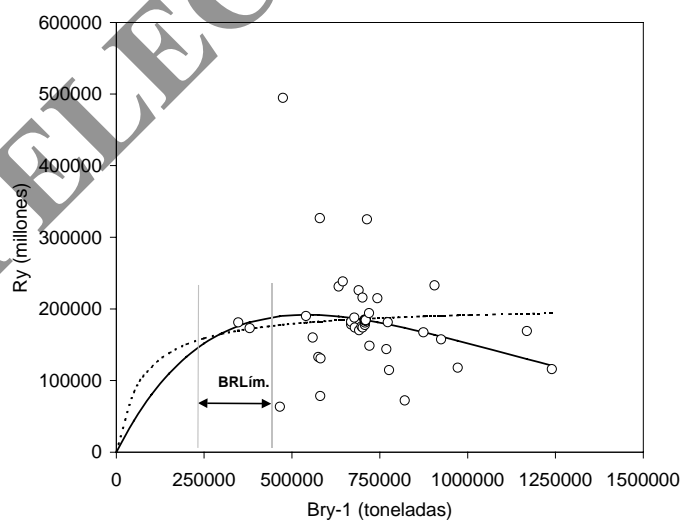


Figura 3. Reclutamientos anuales ( $R_y$ ) en función de la biomasa parental al 15 de diciembre ( $BR_{y-1}$ ), según las estimaciones anuales del modelo de producción, y curvas de Beverton y Holt (trazos) y de Ricker (línea llena) ajustadas a esos valores. Se indica el rango de biomazas de reproductores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

Los resultados de los análisis de riesgos (Fig. 4) y las estimaciones de capturas biológicamente aceptables (CBA) durante el año 2010 que corresponderían a los distintos objetivos a largo plazo propuestos se han reunido en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultado de los análisis de riesgo y capturas biológicamente aceptables en el año 2010 ( $CBA_{2010}$ ), 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 del período 1960 – 2009.

<i>Stock</i> - Recluta	Bev. - Holt	Ricker
Objetivo	<i>BRL</i>	<i>BRL</i>
$BR > 0,35 BR_{máx}$	422.000	434.000
CBA 2010	<b>78.600</b>	<b>62.300</b>
Objetivo	<i>BRL</i>	<i>BRL</i>
$BR > 0,30 BR_{máx}$	362.000	372.000
CBA 2010	<b>179.600</b>	<b>152.000</b>
Objetivo	<i>BRL</i>	<i>BRL</i>
$BR > 0,35 BRV$	255.000	248.000
CBA 2010	<b>399.300</b>	<b>394.000</b>
Objetivo	<i>BRL</i>	<i>BRL</i>
Capt. Juv. < 20%	-	-
CBA 2010	<b>153.000</b>	<b>123.000</b>

Se pueden apreciar grandes variaciones de acuerdo con los distintos criterios, entre los extremos de 62.300 toneladas (función de Ricker y límite de la biomasa de reproductores *BRL* escogida en función del 35% del máximo observado) y casi 400 mil toneladas (si se adopta el modelo de Beverton y Holt y el mismo porcentaje, pero aplicado respecto de la biomasa parental virginal). La imposición de que las capturas en el largo plazo incluyan menos de 20% de juveniles, con abstracción del tamaño del *stock* de reproductores, conduciría a situar la  $CBA_{2010}$  entre 123 mil y 153 mil toneladas (Fig. 4b).

En suma, se ha analizado la información disponible, escasamente modificada por los ensayos realizados este año, en particular por faltar campañas de evaluación directa posteriores al año 2006. También se ha atendido a las consideraciones biológicas y ecológicas que ya fueran expuestas en informes anteriores y a las que se ha hecho alusión en la introducción del presente. A la vista de todo, incluyendo la muy modesta explotación actual, parece pertinente mantener como consejo de  $CBA_{2010}$  de anchoíta patagónica la cantidad de 100 mil toneladas, que se elevó a las autoridades el año anterior (Hansen *et al.*, 2009) y que fue luego establecida oficialmente como Captura Máxima Permisible de este *stock* (Resol. CFP 9/2009).

Si se aplicara la tasa constante de mortalidad pesquera (*Fref*) que produciría durante este año la captura recomendada, los rendimientos en el mediano plazo (seis años) estarían en el orden de las 80 mil toneladas, siempre que la magnitud de los reclutamientos no se alejara de los valores que habrían tenido hasta el presente. Los niveles de biomasa total y de reproductores no disminuirían peligrosamente de los actuales, y la anchoíta al sur de 41° de latitud continuaría constituyendo un alimento abundante para sus predadores naturales.

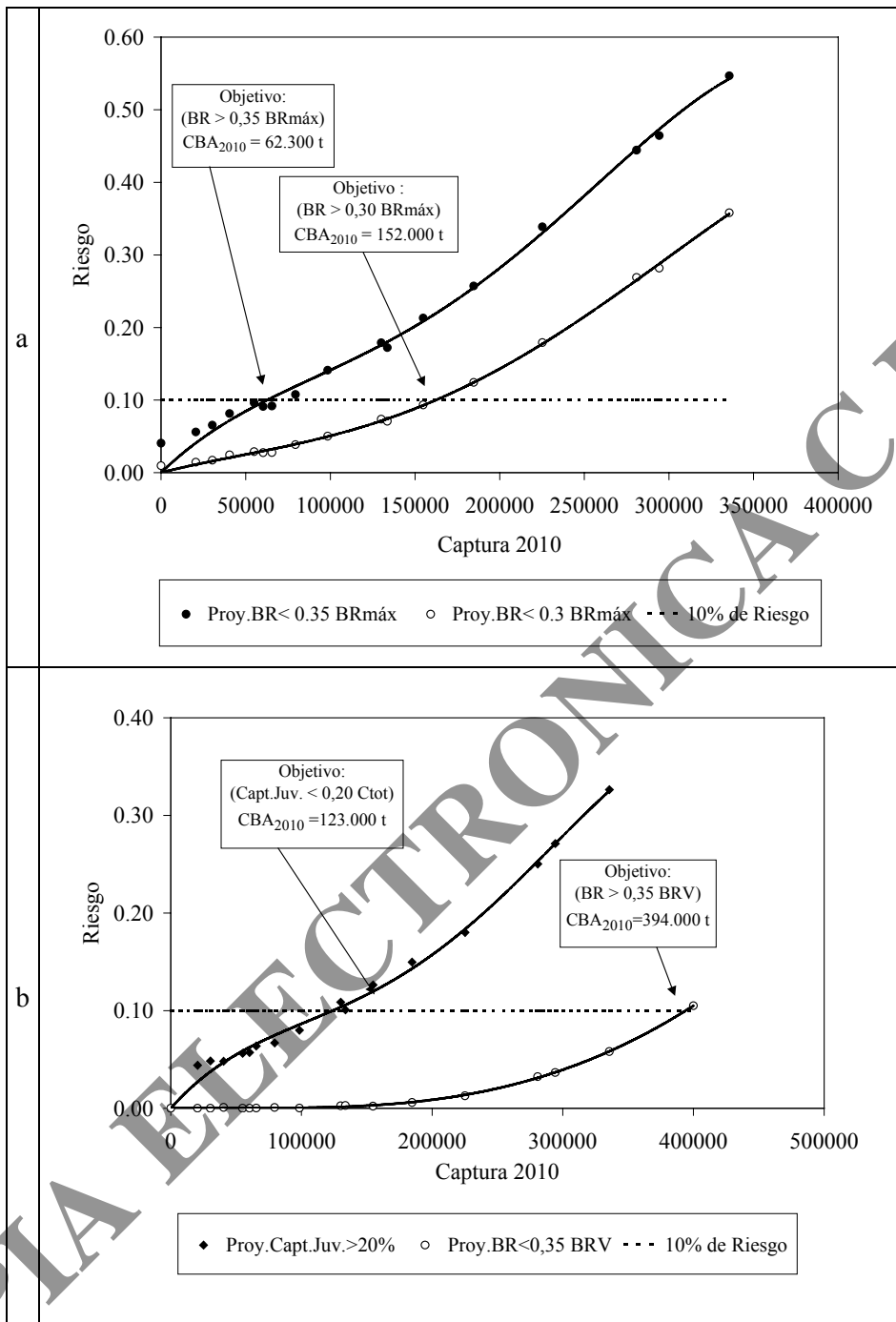


Figura 4. Riesgos biológicos asociados a capturas durante el año 2010, considerando la función *stock* - recluta de Ricker junto con (a) dos opciones límites de la Biomasa de Reproductores ( $BRL \geq 0,30 BR_{máx}$  y  $BRL \geq 0,35 BR_{máx}$ ), y (b) opciones establecidas atendiendo a la biomasa reproductiva virgen ( $BRL \geq 0,35 BRV$ ) o bien a la proporción máxima de juveniles en las capturas futuras.

#### 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.
- 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 anchoíta*). 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 anchoíta*) 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 anchoíta*) 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 anchoíta*) 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 anchoíta*) 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 anchoíta*) al sur de 41°S, y estimación de capturas biológicamente aceptables durante el año 2007. Inf. Téc. Int. INIDEP 23/07, 14 pp.

- HANSEN, J.E.; BURATTI, C.C & GARCIARENA, A.D. 2008. Modelo de producción estructurado por edades y capturas biológicamente aceptables de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al sur de 41°S estimadas para el año 2008. Inf. Téc. Int. INIDEP 22/08, 16 pp.
- HANSEN, J.E.; BURATTI, C.C. & GARCIARENA, A.D. 2009. Estado de la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al sur de 41°S y estimación de capturas biológicamente aceptables en el año 2009. Inf. Téc. Of. INIDEP 11/09, 16 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.

COPIA ELECTRONICA