



INFORME TÉCNICO OFICIAL

N°
24/08

Fecha
08 abril 2008

Páginas
23

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: **ANÁLISIS ESTACIONAL DE COHORTES 1990 – 2007 DE LA POBLACIÓN DE ANCHOÍTA (*Engraulis anchoíta*) AL NORTE DE 41°S, Y ESTIMACIÓN DE UNA CAPTURA BIOLÓGICAMENTE ACEPTABLE DURANTE 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: A. David Garcíarena

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

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

ANÁLISIS ESTACIONAL DE COHORTES 1990 – 2007 DE LA POBLACIÓN DE ANCHOÍTA (*Engraulis anchoita*) AL NORTE DE 41°S, Y ESTIMACIÓN DE UNA CAPTURA BIOLÓGICAMENTE ACEPTABLE DURANTE EL AÑO 2008.

por

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

Resumen

Se actualiza, con datos de los años 1990 a 2007 y nuevamente por medio de un modelo secuencial que contempla el carácter estacional de las capturas comerciales, el análisis de la evolución de la población de anchoíta bonaerense (34° - 41°S). El ajuste del modelo se auxilia empleando índices de abundancia derivados de campañas de investigación realizadas durante el periodo, en los meses de mayo-junio y en octubre. Según estas estimaciones, la biomasa total del efectivo a mediados de octubre habría variado entre 0,8 y 3,7 millones de toneladas en los distintos años, promediando poco menos de dos millones, aunque el último año representaría uno de los menores valores. Partiendo del estado actual de la población diagnosticado, se efectuó un análisis de riesgo a largo plazo que conduce a recomendar una extracción máxima de 82 mil toneladas durante el año 2008. Esta cifra deriva de la estimación de la “Captura anual biológicamente aceptable” (CBA), o rendimiento teórico de los ejemplares existentes por grupo de edad a inicios del año 2008, bajo una determinada mortalidad por pesca. Esta tasa de referencia (F_{ref}) queda definida porque, mantenida constante en el largo plazo, no provocaría un riesgo biológico de sobrexplotación mayor del 10%. El riesgo se asoció a la disminución de la biomasa de reproductores por debajo de un determinado límite (BRL) equivalente al 33% de su máxima abundancia entre 1990 y 2007. El máximo recomendado garantizaría igualmente que, a largo plazo, el número de ejemplares juveniles capturados no superase 20% de la captura total.

1. Introducción

Las capturas argentinas de anchoíta “bonaerense” (34° a 41°S, incluyendo la Zona Común de Pesca Argentino – Uruguayo o ZCPAU) cayeron a menos de 25 mil toneladas en el último año, mientras que en los dos anteriores casi habían alcanzado 30 mil. Las extracciones totales anuales del *stock* fueron en realidad todavía menores, porque los embarcaciones con red de cerco de bandera uruguaya que habían obtenido de la ZCPAU aproximadamente 8600 toneladas en 2005 y poco menos del doble al año siguiente (DINARA, 2006; Garcíarena *et al.*, 2007a), no operaron sobre la especie durante 2007 (Cita). De todas formas, participaron en la pesquería un total de 67 unidades con pabellón nacional (Garcíarena y Hansen, 2008).

Desde hace algunos años, los diagnósticos sobre la abundancia y estructura de esta población se efectúan ajustando modelos secuenciales retrospectivos con la ayuda de índices independientes. Estos, que han consistido en estimados de abundancia absoluta y por edades, se obtienen como resultado de campañas de evaluación. Sobre la base de los resultados diagnósticos y de análisis de riesgos, se elevan a las autoridades competentes

recomendaciones de capturas máximas anuales (Hansen y Garciarena, 2002 *et seq.*; Hansen *et al.*, 2006 y 2007).

En el presente trabajo se realiza una actualización de estos análisis, incluyendo la información más reciente acerca de la composición de las capturas argentinas en la última temporada (Garciarena y Hansen, 2008).

2. Materiales y métodos

Nuevamente, considerando que se ha mantenido la naturaleza estacional de la explotación, para la presente actualización se adoptó el modelo de Mertz y Myers (1996). Su formulación, así como los cálculos y procedimientos necesarios para el ajuste adaptativo (Gavaris, 1988) con los índices de abundancia derivados de campañas de investigación, han sido detallados por Hansen *et al.* (2007). Como resultado, se estimaron valores anuales de abundancia y tasas de mortalidad pesquera por grupo de edad.

2.1. Información básica utilizada

- Las capturas nominales de anchoíta de la flota pesquera argentina, por periodos cuatrimestrales y anuales entre 1990 y 2007, provistas por el Centro de Cómputos del INIDEP y ajustadas para considerar aquellas logradas al norte de 41°S, con más las capturas de embarcaciones uruguayas en la ZCPAU durante el período, según los registros remitidos a la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo;
- los factores que debieran aplicarse para calcular los números de individuos verdaderamente capturados en la pesca comercial durante el periodo 1990-2004, atendiendo a los descartes por grupo de edad, que conformarían el siguiente vector: $D_1= 1,20$; $D_2= 1,10$; $D_3= 1,05$; $D_4= 1,00$; $D_5= 1,00$; $D_{6+}= 1,00$ (Garciarena y Hansen, datos sin publ.);
- el factor $D_t = 1,0024$, constante para toda edad t , correspondiente al descarte a partir del año 2005, derivado de los resultados de Garciarena y Hansen (2006);
- las capturas totales resultantes (Tabla 1);
- una estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural similar a la calculada en investigaciones anteriores (Hansen, 1999a), y asumida como constante ($M= 1,02$) para toda edad y año;
- la matriz del número estimado de ejemplares capturados por edad y por periodo, corregida por estimaciones de descarte y por pesos medios por edad (Tabla 2), proveniente de los muestreos regulares de desembarque de pescado en el puerto de Mar del Plata (Hansen, 1997a; Garciarena *et al.*, 2002; Garciarena, 2004 y 2005; Garciarena y Hansen, 2006 *et seq.*; Garciarena *et al.*, 2007 a y b);
- la matriz de pesos medios teóricos del *stock*, por edad y por año (Tabla 3), estimados a los días 1° de enero, 1° de junio y 15 de octubre de cada año;
- las proporciones de individuos maduros por grupo de edad en la época principal de reproducción, que se derivaron de los valores indicados por Hansen y Madirolas (1999) y se asumieron como constantes en el período de estudio, como $P_m= 0,52$ para la edad 1, y como $P_m= 1,00$ para el resto de las edades;
- estimaciones de biomasa total (Tabla 4) de las campañas de evaluación de anchoíta que se efectuaron en octubre de los años 1993, 1994, 1995, 1999, 2001, 2002,

2003, 2004 y 2006 (Hansen y Madirolas, 1996 y 1999; Hansen, 1999b, 2001 *et seq.*, Alvarez Colombo *et al.*, 2005); así como

- el número de ejemplares de las edades 1 y 3 (Tabla 5) estimados en esas campañas y en aquellas realizadas en mayo-junio de los años 1994, 1996, 1997 y 1998 (Hansen, 1997b y 1998; Perrotta, 1994 y 1996).

2.2. Proyecciones

Las recomendaciones acerca de máximos de explotación durante el año 2008 provienen de la estimación de la “Captura anual biológicamente aceptable” (CBA). Esta equivale al rendimiento teórico en el año si se aplicase sobre la población actual (considerada al 1° de enero) una mortalidad por pesca de referencia (F_{ref}) determinada. La tasa pesquera en cuestión es la máxima que, si se mantuviera en el largo plazo, no provocaría más de 10% de casos de sobrexplotación, definiéndose este riesgo como la caída de la biomasa de reproductores bajo de un nivel límite (BRL), equivalente al 33% de la mayor biomasa de reproductores que habría existido entre los años 1990 y 2007 según las estimaciones del modelo secuencial. En esta oportunidad se estableció también como condición que, medidas en número de ejemplares, las capturas a largo plazo provocadas por dicha F_{ref} no estuviesen conformadas por más de 20% de juveniles; y se asumió a este efecto que (siendo capturados a lo largo de cada año) serían inmaduros 80% de los individuos del grupo de edad 1 y 15% del grupo de edad 2.

Para evaluar los riesgos respectivos, valores crecientes de tasas de mortalidad pesquera F se aplicaron en forma sucesiva, cada uno durante un período de proyección de 16 años, simulándose 600 veces la evolución de las capturas y de la abundancia de la población. En cada simulación se adoptaron los siguientes criterios:

- 1) Como estimadores del número de ejemplares de cada edad a comienzos del año 2007 ($N_{t,2007}$) se utilizaron los valores calculados por el modelo de Mertz y Myers (1996).

- 2) Se ajustó la tasa de mortalidad F_{2007} al valor que debiera haber tenido para rendir, sobre la base del patrón de explotación impuesto en las proyecciones (y calculado por el ADAPT), el nivel de capturas registradas durante ese año.

- 3) Fueron variados aleatoriamente los siguientes parámetros:

- 3.a) Biomasa al inicio del año 2007 (B_{2007}), alrededor del respectivo valor medio estimado por el análisis secuencial (\hat{B}_{2007}), pero considerando la desviación estándar que surge de asumir que la verdadera media (μ_{2007}) pudiera estar comprendida, con una confianza del 95%, dentro del intervalo:

$$\hat{B}_{2007} + 0,25 \hat{B}_{2007} \geq \mu_{2007} \geq \hat{B}_{2007} - 0,25 \hat{B}_{2007}$$

lo cual lleva a calcular el desvío asociado como:

$$S_{B2007} = 0,25 \hat{B}_{2007} / 1,96$$

3.b) Magnitud de los reclutamientos anuales (R_y ; $y = 2008, 2009, \dots, 2023$), establecida aleatoriamente bajo el supuesto de una distribución log-normal, asumiendo el valor medio y el rango máximo de variación que surgieron de los estimados por el análisis entre los años 1990 y 2005 (se descartaron los dos últimos años de la serie de datos). 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 ADAPT, y

$$\sigma_{\ln \bar{R}} = (\ln R_{m\acute{a}x} - \ln R_{m\acute{i}n}) / 2 * 1,96$$

donde $R_{m\acute{a}x}$ y $R_{m\acute{i}n}$ son los valores extremos máximo y mínimo resultantes del modelo secuencial.

En las proyecciones, los números por edad en la población al comienzo del año se estimaron como:

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{-(F S_t + M)}$$

donde $N_{t-1,y-1}$ es el número de ejemplares de la edad anterior, al comienzo del año previo, y S_t representa la selectividad para cada clase de edad t , siendo M y F las tasas anuales instantáneas de mortalidad natural y por pesca. Esta última se asumió como el valor anual promedio de los grupos de edad 3 a 5, sin suponer la existencia de pulsos estacionales en la pesquería durante los años futuros.

La biomasa total de cada año, su fracción de reproductores, y las capturas retenidas bajo distintas estrategias de explotación en las proyecciones se calcularon nuevamente como:

Biomasa total (al comienzo del año y):

$$B_y = \sum_y (W_{t,y} N_{t,y})$$

Biomasa de reproductores (en el momento de la reproducción):

$$BR_y = \sum_y (W_{t,y}^r N_{t,y} Pm_t e^{-[9,5/12(F S_t + M)]})$$

Captura retenida:

$$C_y = \sum_{t=1}^5 \frac{W_t^C F S_t N_{t,y} [1 - e^{-(F S_t + M)}]}{D_t (F S_t + M)} + \frac{W_6^C F S_6 N_{6,y}}{D_6 (F S_6 + M)}$$

donde W_t^C representa el peso de medio de la edad t en la captura.

3. Resultados y discusión

La abundancia total de la población a mediados del mes de octubre habría variado en los distintos años, según las estimaciones resultantes del modelo, entre 0,8 y 3,7 millones de toneladas, con una media de 1,94 millones. El estimado correspondiente al último año (octubre de 2007 = 1,14 millones) representa uno de los menores valores de la serie (Fig. 1a) al igual que la magnitud del reclutamiento calculado (Fig. 1b). No obstante, deben destacarse las limitaciones del método para calcular el número de individuos incorporados el último año como primer grupo de edad, así como la incertidumbre generada por la falta de un índice de abundancia independiente ese año, debido a haberse suspendido la campaña de evaluación del efectivo bonaerense de anchoíta del año 2007. Debido a que no se introdujeron, respecto al análisis del año pasado (Hansen *et al.*, 2007) modificaciones sustanciales tales como nuevos valores de las series de calibración, los ajustes del modelo a los índices utilizados fueron muy similares a los observados en dicha oportunidad: aceptables ajustes en cuanto a reflejar las tendencias que se habrían producido en la población, notoriamente al considerar el índice 1, cuyos valores se derivaron de las estimaciones acústicas de biomasa total resultantes de las campañas de evaluación de primavera, y el índice 5, serie construida a partir de la estimación del número de ejemplares del grupo de edad 3 durante los cruceros llevados a cabo en junio (Fig. 2).

Tampoco hubo grandes cambios en los estimados del parámetro $\gamma(M_y)$ que, según Mertz y Myers (1996) define el pulso principal de la pesquería de un recurso cuando este sufre una tasa M constante de mortalidad natural. En la pesquería de anchoíta bonaerense ($M= 1,02$) este pulso ocurre en el último tercio del año, y lógicamente se han calculado valores anuales de $\gamma(M_y)$ comprendidos en el rango 0,73 - 0,84 (con una media de 0,81). Al no haber operado los cerqueros uruguayos que pescaron en forma más uniforme al lo largo de los dos años anteriores, la estimación correspondiente a 2007 (0,80) creció ligeramente y se acercó al promedio general.

De modo consistente, fueron similares asimismo las magnitudes y tendencias de los valores estimados de reclutamientos anuales a la edad 1, aunque reiteramos que (con las salvedades apuntadas) el correspondiente a 2007 habría sido uno de los menores de la serie (Fig. 1B). La función de Ricker (1954) ajustada para describir la relación entre los millones de reclutas anuales al inicio de cada año (R_y) y la biomasa de reproductores en la temporada reproductiva previa (BR_{y-1}), fue (Fig. 3):

$$R_y = 0,284 * BR_{y-1} * \exp (- 5,163 * 10^{-7} * BR_{y-1})$$

Ambas variables se vincularon entre sí de manera bastante laxa ($r^2 = 0,064$), mostrando mucha dispersión de los valores estimados de reclutamiento anual alrededor de la función ajustada.

Reiterada fue asimismo la característica estructura de esta población, donde prevalecen los individuos más jóvenes. La abundancia conjunta media de los primeros dos

grupos de edad, considerada al 1° de enero de cada año y expresada en cantidad de ejemplares y en toneladas (Fig. 4, A y B) volvió a representar respectivamente 87 y 65% del total del efectivo. Debemos enfatizar nuevamente que en general se capturan pocas anchoítas de estos grupos en la pesquería argentina (factores de selección estimados: $S_1 = 0,017$ y $S_2 = 0,182$) porque su tamaño medio no cumple con los requerimientos del mercado. Los factores calculados para las restantes edades completaron un “patrón de selección” en forma de campana, con valores de $S_3 = 0,754$; $S_4 = 1,00$ (por definición); $S_5 = 0,974$ (siendo este valor el único que cambió de manera significativa respecto de las últimas estimaciones) y $S_{6+} = 0,523$ (Fig. 5).

Finalmente, cabe repetir en relación con el año 2008 algunas consideraciones que hemos efectuado con anterioridad sobre los resultados del análisis de riesgo y la determinación de capturas biológicamente aceptables de anchoíta bonaerense (Figura 6):

1°) Aunque sujeta a la ya comentada dispersión de valores alrededor de la curva ajustada, por lo demás nada infrecuente en estudios pesqueros, la función *stock*-recluta de Ricker muestra una pendiente inicial poco elevada, sugiriendo que el efectivo sería sensible a situaciones de sobrepesca del reclutamiento.

2°) Se ha mantenido el criterio conservador de adoptar como biomasa límite de reproductores a largo plazo una fracción del mayor valor observado durante el período de estudio ($BR_{Máx}$). El nivel escogido ($BRL = 0,33 BR_{Máx}$) fue aquel que, aún sin pesca, conllevaría algún riesgo natural (cercano al 5%) de que la abundancia de reproductores en cuestión no fuera alcanzada.

3°) La biomasa de reproductores tomada como límite (875 mil toneladas) es asimismo mucho menor que la abundancia del efectivo parental que produciría el reclutamiento máximo ($BR_{Rmáx} = 1,94$ millones), y también que la media observada entre 1990 y 2007 ($BR_{med} = 1,85$ millones). Se escogió una cantidad razonable para utilizar en las proyecciones, entendiendo que éstas requieren cierta seguridad acerca de que los reclutamientos empleados (el promedio observado entre 1990 y 2005, puesto que no se consideraron los dos últimos valores) puedan efectivamente generarse en el futuro.

4°) al aplicar la tasa de mortalidad pesquera (F_{ref}) correspondiente al 10% de riesgo se estimó, como captura biológicamente aceptable durante el año 2008, una cifra de 82 mil toneladas de anchoíta al norte del paralelo de 41°S. La diferencia respecto de estimaciones previas resulta de la aparente disminución de la abundancia de la población durante el año 2007, que lamentablemente no ha podido ser evaluada mediante una estimación acústica. La cantidad estimada se encuentra ampliamente por debajo de la captura que incluiría un número superior a 20% de ejemplares juveniles, la cual se estimó en 165 mil toneladas. Esta restricción se contempló en atención a la Resolución 3/2002 de la CTMFM, que fija normas de manejo de la especie en la ZCPAU y que en su Art. 1° establece la talla mínima de captura en 120 mm con un margen de tolerancia en 10% en número para las tallas inferiores a la misma, sobre el total de descarga por viaje. El volumen de 82 mil toneladas recomendado como captura máxima para el año 2008 está en línea con las determinaciones efectuadas por el INIDEP desde el año 1994 y respeta los criterios de precaución propuestos internacionalmente (Berkas *et al.*, 2001; Caddy y Mahon, 1995; FAO, 1995).

5°) se supone que, manteniendo sobre la población una tasa de mortalidad pesquera de esa magnitud, las capturas a mediano y largo plazo se estabilizarían alrededor de las 88 mil toneladas anuales.

4. Bibliografía

- ALVAREZ COLOMBO, G.; CABREIRA, A.; MADIROLAS, A. & CASTRO MACHADO, F. 2005. Resultado de las evaluaciones acústicas de abundancia de anchoita (*Engraulis anchoita*): Campañas OB-07/04 y OB-10/04. Inf. Téc. Int. INIDEP 32/05, 7 pp.
- BERKES, F.; MAHON, R.; McCONNEY, P.; POLLNAC, R. & POMEROY, R. 2001. Managing Small-scale Fisheries. Alternative Directions and Methods. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada, 308 pp.
- CADDY, J.F. & MAHON, R. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Tech. Pap., 347, 83 pp.
- DINARA 2006. Desembarques industriales mensuales del año 2005. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos de Uruguay. Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo Argentino – Uruguayo, Plenario 247, Montevideo.
- FAO, 1995. Precautionary approach to fisheries. Part 1: guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and species introductions. *FAO Fisheries Technical Paper* 350, Part 1, 52 pp.
- GARCIARENA, A.D. 2004. Análisis de los desembarques de anchoita bonaerense (*Engraulis anchoita*) en el puerto de Mar del Plata por la flota comercial durante 2003. Inf. Téc. Int. INIDEP 14/04, 9 pp.
- GARCIARENA, A.D. 2005. Análisis de las capturas de anchoita bonaerense (*Engraulis anchoita*) obtenidas durante 2004 por embarcaciones del puerto de Mar del Plata. Inf. Téc. Int. INIDEP 11/05, 13 pp.
- GARCIARENA, A.D. & HANSEN, J.E. 2006. Análisis de las capturas comerciales de anchoita al norte de 41° de latitud por parte de la flota argentina durante el año 2005. Inf. Téc. Int. INIDEP 15/06, 14 pp.
- GARCIARENA, A.D. & HANSEN, J.E. 2007. Análisis de las capturas comerciales de anchoita al norte de 41° de latitud por parte de la flota argentina durante el año 2006. Inf. Téc. Int. INIDEP 22/07, 13 pp.
- GARCIARENA, A.D. & HANSEN, J.E. 2008. Análisis de las capturas de anchoita al norte de 41°, obtenidas por la flota argentina durante 2007. Inf. Téc. Int. INIDEP 22/08, 14 pp.
- GARCIARENA, A.D.; PERROTTA, R.G. & LÓPEZ, F. 2002. Informe sobre el muestreo de desembarque de anchoita (*Engraulis anchoita*) y caballa (*Scomber japonicus*) en el puerto de Mar del Plata: periodo setiembre 1998 – enero 2000., con algunos comentarios sobre el manejo de estos recursos. Ser. Inf. Téc. INIDEP, 45, 17 pp.
- GARCIARENA, A.D.; REY, M. & HANSEN, J.E. 2007a. Composición de las capturas de anchoita por la flota comercial uruguaya durante el año 2006. Inf. Téc. Int. INIDEP 27/07, 11 pp.
- GARCIARENA, A.D.; HANSEN, J.E. & REY, M. 2007b. Análisis de las capturas comerciales de anchoita obtenidas por la flota uruguaya en la Zona Común de Pesca Argentino - Uruguaya (ZCPAU) durante el año 2005. Inf. Téc. Int. INIDEP 40/07, 11 pp.
- GAVARIS, S. 1988. An adaptive framework for the estimation of population size. *Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. (CAFSAC) Res. Doc.* 88/29: 12 pp.
- GSAP 2006. Resumen del área de operación de la flota uruguaya a través del Sistema de Información Pesquera Satelital (SIPESAT). Categoría “C”, Pesqueros con red de cerco dirigidos a anchoita. Febrero 2004 – Noviembre 2006. GSAP, Grupo de Seguimiento de Actividades Pesqueras, DINARA, Uruguay, Inf. Téc. 2, 3 pp, 20 Fig.
- HANSEN, J.E. 1997a. Anchoita (*Engraulis anchoita*). En: Informe sobre el muestreo bioestadístico de pescado en el Puerto de Mar del Plata. Período 1986-1990. Inf. Téc. INIDEP 15, Contrib. INIDEP 996: 1-24.

- HANSEN, J.E. 1997b. Campaña "EH-05/97". Evaluación parcial de anchoíta bonaerense (35°-38°S) en el otoño de 1997 y aprovechamiento comercial. Plan e informe de campaña. Informe Interno INIDEP no publ., 22 pp. y anexos.
- HANSEN, J.E. 1998. Campaña "EH-05/98". Evaluación parcial de anchoíta bonaerense (35°-38°S) en el otoño de 1998 y aprovechamiento comercial. Plan e informe de campaña. Informe Interno INIDEP no publ., 30 pp. y anexos.
- HANSEN, J.E. 1999a. Capturas máximas de anchoíta aconsejadas para el año 1999. Inf. Int. INIDEP 8/99, 5 pp.
- HANSEN, J.E. 1999b. Campaña "EH-08/99". Evaluación de anchoíta bonaerense en la primavera del año 1999. Plan e informe de campaña. Inf. Interno INIDEP no publ., 20 pp. y anexos.
- HANSEN, J.E. 2001. Campaña "OB-12/01". Evaluación de anchoíta bonaerense en la primavera del año 2001. Plan e informe de campaña. Inf. Interno INIDEP no publ., 20 pp. y anexos.
- HANSEN, J.E. 2002. Campaña "EH-07/02". Campaña conjunta argentino – uruguay de evaluación de anchoíta bonaerense (34° - 41°45'S) en la primavera de 2002. Plan e informe de campaña. Inf. Interno INIDEP no publ., 26 pp. y anexos.
- HANSEN, J.E. 2003. Campaña "OB-10/03". Evaluación del stock bonaerense de anchoíta en la primavera de 2003. Plan e informe de campaña. Inf. Interno INIDEP no publ., 29 pp. y anexos.
- HANSEN, J.E. 2004. Campaña "OB-07/04". Evaluación del stock bonaerense de anchoíta en la primavera de 2004. Plan e informe de campaña. Inf. Interno INIDEP no publ., 30 pp. y anexos.
- HANSEN, J.E. 2006. Campaña "EH-06/06". Evaluación del stock bonaerense de anchoíta en la primavera de 2006. Plan e informe de campaña. Inf. Interno INIDEP no publ., 26 pp. y anexos.
- 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.; GARCIARENA, A.D. & BURATTI, C.C. (2007). Evolución entre los años 1990 y 2006 de la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al norte de 41°S, y estimación de una captura biológicamente aceptable durante el año 2007. Inf. Téc. Int. INIDEP 53/07, 23 pp.
- HANSEN, J.E. & GARCIARENA, A.D. 2002. Abundancia y explotación de la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al norte de los 41°S, y consideraciones sobre niveles aconsejables de captura en el año 2002. Inf. Téc. Int. INIDEP 111/02, 20 pp.
- HANSEN, J.E. & GARCIARENA, A.D. 2003. Análisis de población virtual de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al norte de los 41°S, y estimación de capturas biológicamente aceptables durante el año 2003. Inf. Téc. Int. INIDEP 63/03, 20 pp.
- HANSEN, J.E. & GARCIARENA, A.D. 2004. Diagnóstico de la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al norte de los 41°S, y estimación de capturas biológicamente aceptables durante el año 2004. Inf. Téc. Int. INIDEP 15/04, 20 pp.
- HANSEN, J.E. & GARCIARENA, A.D. 2005. Análisis secuenciales de la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al norte de 41°S, y estimación de una captura biológicamente aceptable durante el año 2005. Inf. Téc. Int. INIDEP 68/05, 25 pp.
- 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. & MADIROLAS, A. 1999. Algunos resultados de las campañas primaverales de evaluación anual de anchoíta bonaerense efectuadas entre 1993 y 1996. Ser. Inf. Téc. INIDEP, 28. Contrib. INIDEP 1110, 18 pp.
- MERTZ, G. & MYERS, R.A. 1996. An extended cohort analysis: incorporating the effect of seasonal catches. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53, 159-163.

- NORBIS, W.; GALLI, O. & PAESCH, L. 2002. Análisis de la pesca de anchoíta (*Engraulis anchoita*) realizada por el B/P "Atila" en otoño e invierno del año 1999, sobre la base de datos colectados por observadores a bordo. Inf. Téc. DINARA, Abril 2002, 20 pp.
- PERROTTA, R.G. 1994. Campaña "EH-04/94". Evaluación parcial de anchoíta bonaerense en el otoño de 1994. Plan e informe de campaña. Inf. Interno INIDEP no publ., 10 pp. y anexos.
- PERROTTA, R.G. 1996. Campaña "EH-05/96". Evaluación parcial de anchoíta bonaerense (35°-38°S) en el otoño de 1996 y aprovechamiento comercial. Plan e informe de campaña. Inf. Interno INIDEP no publ., 6 pp. y anexos.
- 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.
- RICKER, W.E. 1954. Stock and recruitment. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 11: 559-623.

APENDICE I

Estimación de la abundancia de la población mediante el método de Mertz y Myers (1996)

Este método considera la existencia de pulsos estacionales en una pesquería, aunque sin la necesidad de describir la evolución numérica de las cohortes en periodos menores que un año. Un factor especial, denominado $\gamma(M_{t,y})$, incorpora aquel pulso en función de las capturas en dichos periodos y la mortalidad natural correspondiente, definiéndose para el caso particular de periodos iguales y de cuatro meses (esto es, un período = 0,333 de año entre i e $i+1$) como:

$$\gamma(M_{t,y}) = \frac{\sum_i C_{i,t,y} \exp \{M * [(i-1)0,333 + 0,333/2]\} \exp(-M)}{\sum_i C_{i,t,y}}$$

La cantidad de individuos por grupo de edad al inicio de cada año (con excepción de los números que corresponden a los grupos “terminales”) queda determinada mediante la expresión:

$$N_{t,y} = N_{t+1,y+1} \exp(M) + C_{t,y} \gamma(M_{t,y}) \exp(M); \quad \forall t < 6+; y < 2006$$

El número de ejemplares de los grupos “terminales” al inicio de cada año puede calcularse mediante:

$$N_{t,y} = \frac{C_{t,y} (M + F_{t,y})}{F_{t,y}} \quad t = 6+; y = 1990, 1991, \dots, 2006; \text{ o bien por medio de:}$$

$$N_{t,y} = \frac{C_{t,y} (M + F_{t,y})}{F_{t,y} [1 - \exp(-M - F_{t,y})]} \quad t < 6+; y < 2006$$

Los cálculos comienzan asumiendo valores tentativos para las tasas terminales $F_{t,y}$ que luego son ajustadas por el proceso adaptativo de calibración. Las restantes tasas anuales de mortalidad pesquera son calculadas como es habitual:

$$F_{t,y} = \ln \left(\frac{N_{t,y}}{N_{t+1,y+1}} \right) - M \quad t < 6+; y < 2006$$

Los valores de biomasa al comienzo del año (B_y), al 1° de junio (B_y^1), al 15 de octubre (B_y^2) y de la fracción de reproductores al momento de la reproducción (15 de octubre, BR_y), se estimaron como sigue:

$$\begin{aligned}
B_y &= \sum_{t=1}^6 (W_{t,y} N_{t,y}) \\
B_y^1 &= \sum_{t=1}^6 \{W_{t,y}^1 N_{t,y}^1\}; \quad \text{donde } N_y^1 = N_{t,y} \exp[5/12(-M - F_{t,y})] \\
B_y^2 &= \sum_{t=1}^6 \{W_{t,y}^r N_{t,y}^2\}; \quad \text{donde } N_y^2 = N_{t,y} \exp[9,5/12(-M - F_{t,y})] \\
BR_y &= \sum_{t=1}^6 \{W_{t,y}^r N_{t,y} Pm_t \exp[-9,5/12(M - F_{t,y})]\}
\end{aligned}$$

Los factores de selección por edad (S_t) se calcularon de manera relativa a la tasa F anual del grupo de edad cuatro, que fue la más alta:

$$S_t = \frac{\sum_{y=1990}^{2006} F_{t,y}}{\sum_{y=1990}^{2006} F_{4,y}}$$

APENDICE II

Ajuste de índices

El modelo se ajustó con cinco índices de abundancia ($x=1,2,...,5$). Uno fue la biomasa total estimada en las mencionadas campañas de evaluación de octubre, respecto de la observada en el primer año de esa serie. El segundo y el tercero correspondieron al número de individuos de las edades 1 y 3 en esas campañas, relativos a los observados en el año 1993. Los dos últimos representaron la abundancia numérica de esos mismos grupos de edad en las ya citadas campañas de mayo-junio, respecto a la observada en el año 1994. A cada uno de los dos últimos índices se le asignó un factor de ponderación ($a_4 = a_5 = 0,2$) igual a la quinta parte de los tres primeros. Esto es:

Índice 1:

$$BC \text{ relat } BC_{1993} = BC_y / BC_{1993} \quad y = 1993, 94, 95, 99, 2001, 02, 03, 04 \text{ y } 2006$$

fuelle: campaña primavera, 15 de octubre

Índice 2:

$$\text{Relat } N_{1,1993} = N_{1,y} / N_{1,1993} \quad y = 1993, 94, 95, 99, 2001, 02, 03, 04 \text{ y } 2006$$

fuelle: campaña primavera, 15 de octubre

Índice 3:

$$\text{Relat } N_{3,1993} = N_{3,y} / N_{3,1993} \quad y = 1993, 94, 95, 99, 2001, 02, 03, 04 \text{ y } 2006$$

fuelle: campaña primavera, 15 de octubre

Índice 4:

$$\text{Relat } N_{1,1994} = N_{1,y} / N_{1,1994} \quad y = 1994, 1996, 1997 \text{ y } 1998$$

fuelle: campaña otoño, 1° de junio

Índice 5:

$$\text{Relat } N_{3,1994} = N_{3,y} / N_{3,1994} \quad y = 1994, 1996, 1997 \text{ y } 1998$$

fuelle: campaña otoño, 1° de junio

En todos los casos se asumió entre el valor del índice y el estimado del modelo una relación lineal de la forma:

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

El estimador del primer índice, que se derivó de la evaluación de biomasa (toneladas) mediante la campaña primaveral del año y ; se consideró proporcional a la

biomasa de ese año estimada por el modelo en la fecha de la campaña (15 de octubre) y fue calculado como:

$$\hat{I}_y^x = \hat{q}^x B_y^1 \quad y = 1993, 94, 95, 99, 2001, 02, 03, 04 \text{ y } 2006$$

Los estimadores de los índices I_y^x relacionados con la abundancia relativa por grupo de edad estimada en campañas se vincularon proporcionalmente a los números de las edades 1 y 3 en las fechas de realización de los cruceros, y fueron calculados por el ADAPT como:

$$\hat{I}_y^x = \hat{q}^x N_{t,y}^1 \quad \text{para } t=1 \text{ ó } 3, \text{ e } y = 1994, 1996, 1997 \text{ y } 1998; \text{ o bien:}$$

$$\hat{I}_y^x = \hat{q}^x N_{t,y}^2 \quad \text{para } t=1 \text{ ó } 3, \text{ e } y = 1993, 94, 95, 99, 2001, 02, 03, 04 \text{ y } 2006$$

Los coeficientes de proporcionalidad propios de cada índice (q^x) fueron calculados analíticamente según Polachek *et al.* (1993):

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

donde n^x es el número de años con valores disponibles del índice de abundancia x -ésimo, y \hat{V}_y^x representa el valor respectivo estimado por el modelo (biomasa total al 15 de octubre, números por edad en la fecha correspondiente).

Los índices fueron ajustados minimizando el menos logaritmo de la función de máxima verosimilitud (L), correspondiente a una distribución log normal:

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

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

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

Tabla 1. Capturas totales (toneladas) de anchoíta al norte de 41°S por embarcaciones argentinas y uruguayas, corregidas por factores de descarte. Periodo 1990 – 2006.

Año (y)	Cuatrimestre (<i>i</i>)			Total
	1	2	3	
1990	135	1210	10579	11924
1991	37	1814	18220	20071
1992	268	2482	16374	19124
1993	0	2618	11266	13884
1994	388	3389	14632	18409
1995	141	925	17984	19050
1996	122	1822	15665	17609
1997	0	1464	20856	22319
1998	202	1043	17943	19188
1999	7	103	8618	8728
2000	0	1	12518	12519
2001	0	3307	11213	14519
2002	0	923	20726	21649
2003	11	12755	15177	27943
2004	1	11432	29213	40646
2005	5	9275	28780	38059
2006	1	12982	33146	46128
2007	0	4580	19914	24494

Tabla 2. Estimación, por grupo de edad y cuatrimestre, de la captura de anchoíta al norte de 41°S (millones de ejemplares), incluyendo correcciones por estimación de descarte y por ajuste a los pesos medios por edad. Periodo 1990 – 2007.

Año (y)	Edad (t) 1			Edad (t) 2			Edad (t) 3		
Cuatrimeste (i)	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1990	0,1	0,8	6,9	1,7	15,1	131,6	2,6	23,0	201,4
1991	0,1	5,5	55,7	0,2	10,3	103,2	0,6	30,8	309,0
1992	0,5	4,4	29,2	3,5	32,3	212,8	6,2	57,4	378,9
1993	0,0	3,0	13,0	0,0	19,9	85,5	0,0	29,4	126,6
1994	3,9	34,1	147,1	4,9	43,2	186,6	5,0	43,3	187,0
1995	0,6	4,1	80,5	2,3	15,3	297,2	1,9	12,4	241,5
1996	1,8	27,3	234,6	1,4	21,0	180,8	1,5	22,9	196,8
1997	0,0	1,2	16,8	0,0	29,6	422,3	0,0	25,0	355,9
1998	0,5	2,6	44,7	1,2	6,3	107,8	5,8	30,0	517,1
1999	0,0	0,5	40,9	0,1	1,8	150,1	0,1	1,3	108,0
2000	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	283,2	0,0	0,0	150,0
2001	0,0	5,4	18,3	0,0	46,1	156,2	0,0	46,5	157,8
2002	0,0	0,1	3,1	0,0	14,6	327,0	0,0	13,9	313,1
2003	0,0	7,0	8,4	0,1	73,0	86,9	0,3	289,5	344,5
2004	0,0	3,0	7,7	0,0	75,1	191,9	0,0	111,8	285,7
2005	0,0	2,0	6,1	0,0	50,5	156,7	0,1	194,5	603,5
2006	0,0	100,8	257,3	0,0	117,1	298,9	0,0	111,2	284,0
2007	0,0	2,4	10,5	0,0	71,0	308,8	0,0	33,2	144,2

Año (y)	Edad (t) 4			Edad (t) 5			Edad (t) 6		
Cuatrimeste (i)	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1990	0,7	6,4	55,8	0,2	1,3	11,7	0,0	0,1	0,8
1991	0,3	13,9	140,1	0,0	1,4	14,0	0,0	0,2	1,5
1992	0,9	8,0	53,0	0,2	1,7	11,0	0,1	0,6	4,1
1993	0,0	23,9	102,8	0,0	9,4	40,3	0,0	0,7	3,2
1994	2,0	17,5	75,8	0,6	5,3	22,8	0,2	1,6	7,1
1995	0,7	4,7	91,7	0,2	1,2	23,8	0,0	0,2	4,2
1996	0,6	9,0	77,1	0,1	2,2	18,6	0,0	0,4	3,7
1997	0,0	5,3	75,0	0,0	0,5	6,6	0,0	0,2	3,0
1998	1,1	5,5	94,0	0,2	0,9	16,1	0,0	0,1	2,5
1999	0,1	0,8	65,9	0,0	0,1	12,2	0,0	0,0	2,4
2000	0,0	0,0	28,3	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	2,3
2001	0,0	19,2	65,1	0,0	6,6	22,3	0,0	1,1	3,6
2002	0,0	4,8	108,3	0,0	1,6	36,6	0,0	0,4	8,0
2003	0,1	75,0	89,3	0,0	16,2	19,3	0,0	2,9	3,4
2004	0,0	139,0	355,2	0,0	31,7	81,0	0,0	2,2	5,7
2005	0,0	64,5	200,1	0,0	25,8	80,1	0,0	2,8	8,5
2006	0,0	156,6	399,9	0,0	16,5	42,1	0,0	3,0	7,6
2007	0,0	22,9	99,5	0,0	35,5	154,3	0,0	1,6	7,0

Tabla 3. Pesos medios (gramos) de anchoíta, por grupo de edad y por año, periodo 1990 – 2007. Los valores indicados corresponden al 1° de enero, 1° de junio y 15 de octubre de cada año.

Año (y)	1° de enero						1° de junio						15 de octubre					
	Edad 1	Edad 2	Edad 3	Edad 4	Edad 5	Edad 6+	Edad 1	Edad 2	Edad 3	Edad 4	Edad 5	Edad 6+	Edad 1	Edad 2	Edad 3	Edad 4	Edad 5	Edad 6+
1990	3,96	12,71	21,83	29,14	34,33	37,80	8,04	17,42	25,76	31,98	36,25	39,04	11,52	20,77	28,34	33,79	37,44	39,81
1991	2,64	13,11	24,94	34,23	40,52	44,48	7,26	19,21	29,98	37,72	42,74	45,84	11,59	23,56	33,24	39,88	44,09	46,65
1992	5,44	13,72	21,11	26,45	29,93	32,10	9,51	17,65	24,04	28,39	31,15	32,84	12,68	20,29	25,89	29,58	31,88	33,28
1993	4,89	14,06	24,01	32,63	39,29	44,14	9,17	19,12	28,55	36,20	41,92	46,00	12,81	22,82	31,65	38,56	43,62	47,18
1994	4,82	13,89	23,69	32,11	38,58	43,27	9,06	18,87	28,13	35,59	41,13	45,05	12,65	22,51	31,16	37,88	42,77	46,19
1995	5,69	14,26	23,02	30,38	35,98	40,01	9,78	18,75	26,91	33,39	38,17	41,54	13,12	21,98	29,55	35,37	39,58	42,52
1996	5,61	14,58	24,08	32,30	38,71	43,44	9,85	19,41	28,40	35,73	41,27	45,27	13,37	22,94	31,37	38,01	42,93	46,44
1997	4,37	12,93	22,15	30,02	36,01	40,29	8,36	17,63	26,31	33,25	38,34	41,90	11,76	21,05	29,14	35,36	39,83	42,93
1998	4,34	11,10	18,53	25,25	30,74	34,98	7,51	14,84	22,03	28,16	33,01	36,68	10,18	17,62	24,47	30,13	34,51	37,79
1999	5,40	12,82	20,52	27,17	32,42	36,33	8,95	16,74	24,01	29,98	34,53	37,87	11,84	19,59	26,42	31,84	35,91	38,85
2000	7,12	16,33	24,85	31,43	36,05	39,15	11,64	20,80	28,40	33,96	37,76	40,27	15,16	23,89	30,72	35,57	38,83	40,96
2001	6,43	14,69	22,71	29,23	34,06	37,47	10,45	18,85	26,19	31,85	35,92	38,74	13,63	21,78	28,51	33,54	37,11	39,55
2002	4,88	13,58	22,09	28,70	33,31	36,34	9,04	18,02	25,66	31,23	34,99	37,42	12,44	21,11	27,99	32,83	36,03	38,08
2003	4,05	12,99	22,04	29,07	33,92	37,07	8,25	17,70	25,84	31,75	35,68	38,18	11,79	21,00	28,32	33,42	36,75	38,85
2004	4,50	13,69	23,65	32,14	38,58	43,17	8,77	18,77	28,15	35,62	41,08	44,90	12,43	22,46	31,19	37,89	42,68	45,99
2005	5,30	13,20	21,37	28,36	33,76	37,72	9,06	17,37	25,06	31,26	35,91	39,24	12,15	20,40	27,57	33,17	37,29	40,22
2006	3,84	12,17	21,48	29,60	35,88	40,43	7,67	16,88	25,76	32,97	38,35	42,16	12,15	20,40	27,57	33,17	37,29	40,22
2007	2,12	11,26	21,49	29,34	34,52	37,69	6,14	16,57	25,78	32,23	36,30	38,75	9,93	20,32	28,52	34,00	37,37	39,37

Figura 1. Estimaciones de abundancia de anchoíta bonaerense resultantes de ajustar, mediante el procedimiento adaptativo, el modelo propuesto por Mertz y Myers (1996). A: Biomasa total en toneladas estimada al 15 de octubre (se indican también las evaluaciones acústicas directas efectuadas en campañas de investigación); B: millones de reclutas a inicios de cada año.

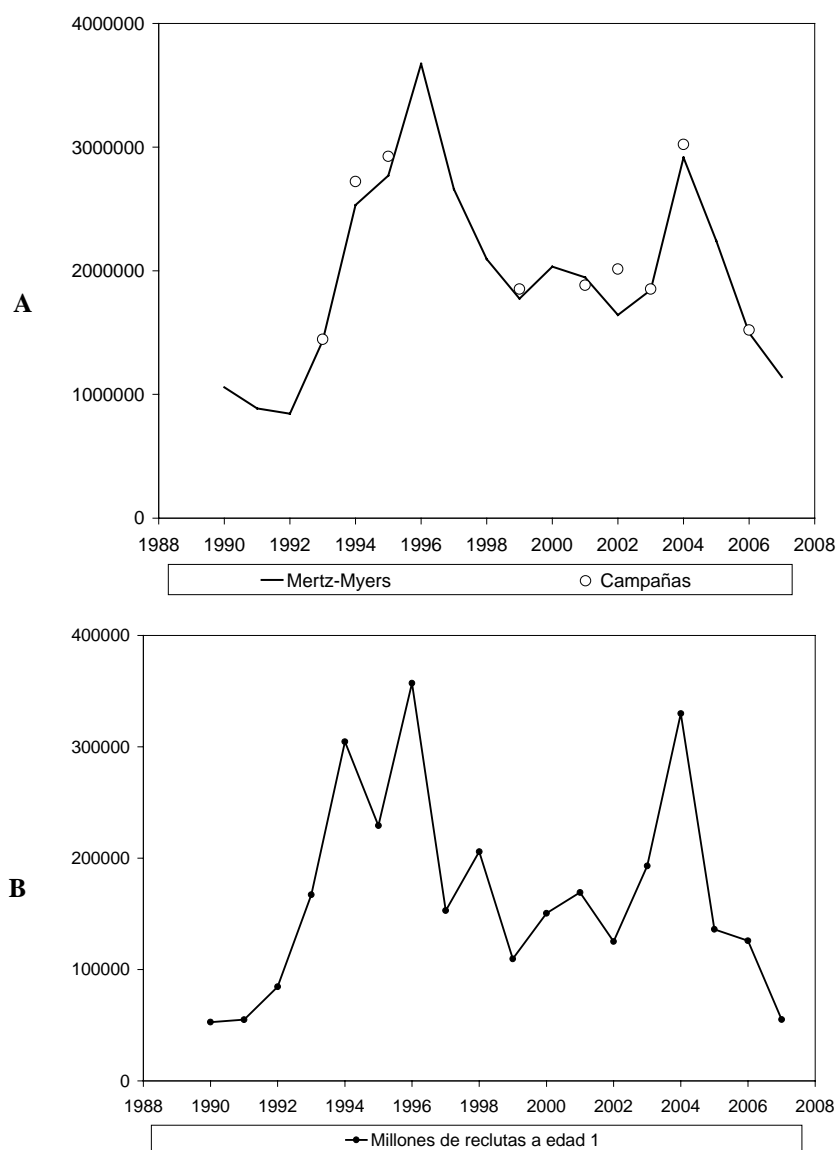
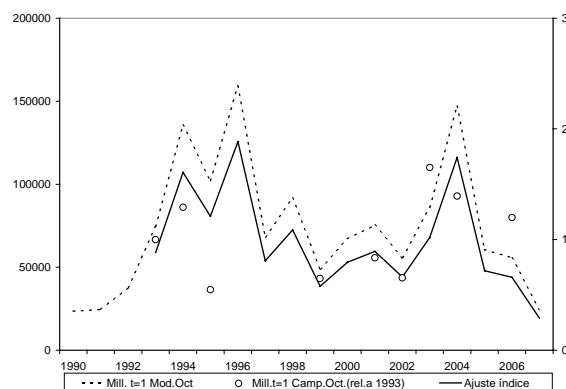


Figura 2. Ajuste de los diferentes índices en la calibración “ADAPT” del modelo de Mertz y Myers aplicado a los datos de anchoíta bonaerense (1990-2006). Índice 1: biomasa total estimada en las campañas de evaluación primaveral (relativa a estimación de 1993) vs. biomasa al 15 de octubre resultante del modelo; índice 2: número de ejemplares de edad 1 estimados en campañas primaverales vs. individuos de esa edad estimados por el modelo relativos al valor correspondiente al año 1993; índice 3: idem anterior, considerando la edad 3; índice 4: número de ejemplares de edad 1 estimados en campañas otoñales vs. individuos de esa edad estimados por el modelo relativos al valor correspondiente al año 1994; índice 5: idem anterior, considerando la edad 3.

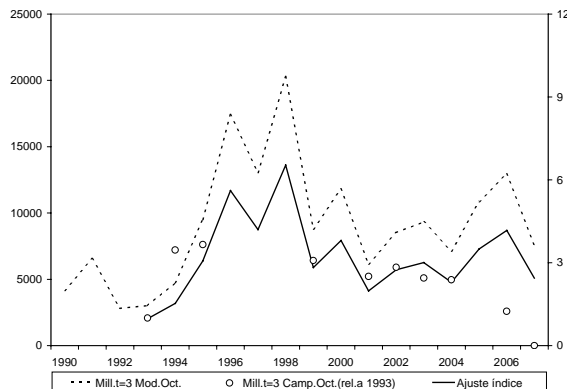
Índice 1



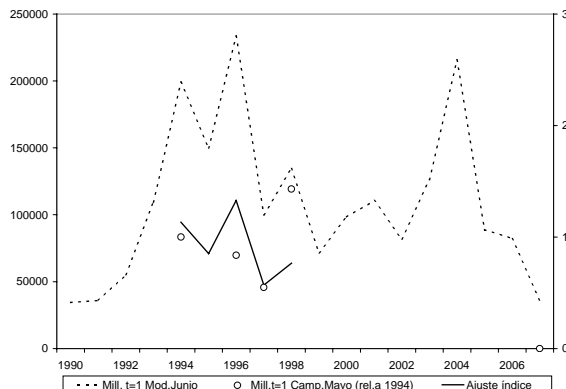
Índice 2



Índice 3



Índice 4



Índice 5

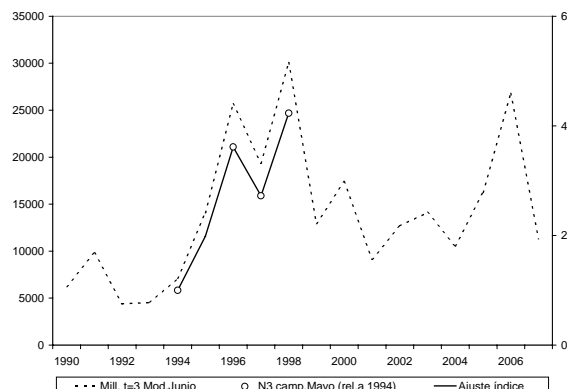


Figura 3. Dispersión de los valores de reclutamiento (en millones de individuos), en función de la biomasa de reproductores (al momento de la reproducción) del año anterior, según las estimaciones anuales del ajuste del modelo de Mertz y Myers, y curva de Ricker correspondiente. Se indica también el nivel adoptado como biomasa reproductora límite (BRL) escogido como objetivo.

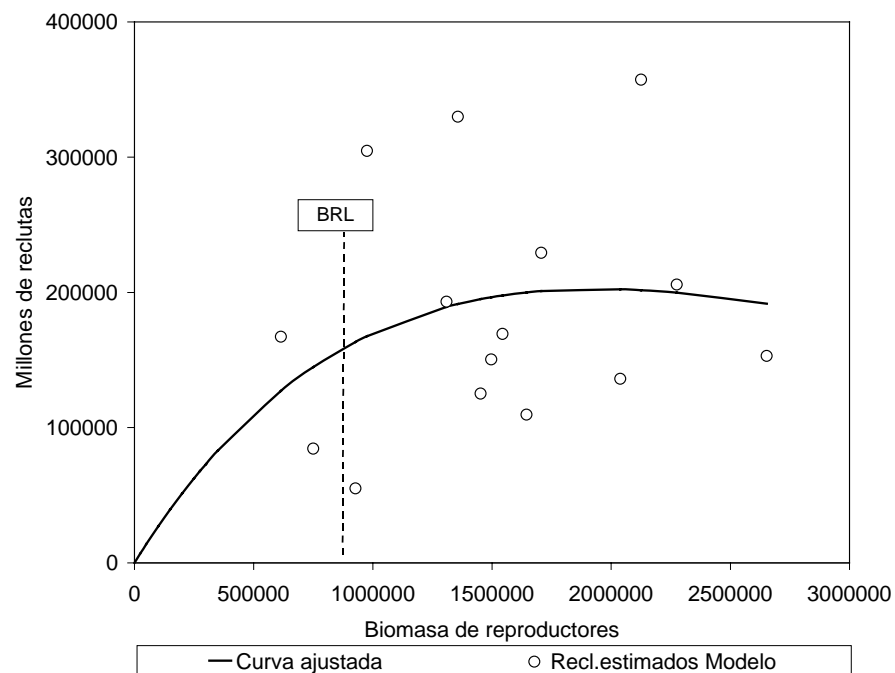


Figura 4. Composición porcentual media de la población de anchoíta considerada al 1° de enero de cada año, según los resultados del modelo adoptado. A: en millones de ejemplares; B: en toneladas. Se destaca la importancia de los individuos de edades 1 y 2, la mayoría de los cuales no ha alcanzado la talla comercial requerida en la pesquería argentina.

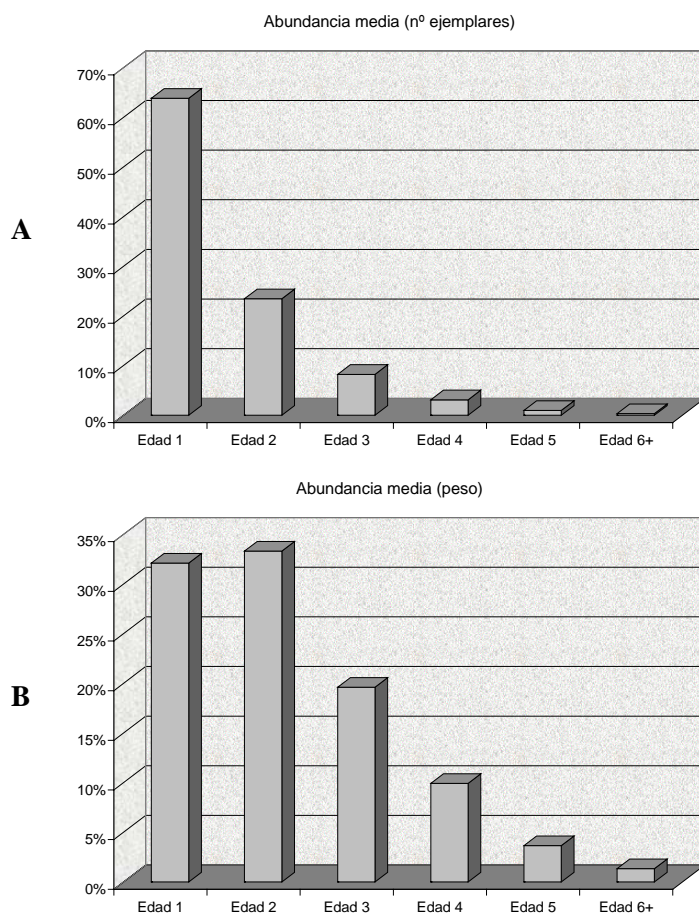


Figura 5. Patrones de selección medios en la pesquería de anchoíta bonaerense, según los resultados derivados del modelo de Mertz y Myers (1996).

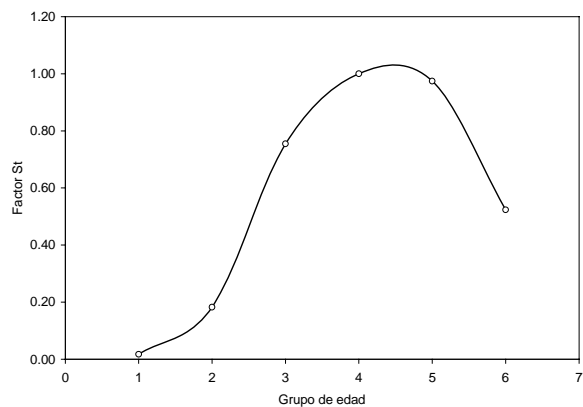


Figura 6. Curva de riesgo a largo plazo considerando una Biomasa Límite de Reproductores igual al 33% de la mayor biomasa parental registrada durante el periodo 1990 – 2007, y captura biológicamente aceptable predicha para el año 2008.

