

Evaluación del efectivo patagónico de anchoíta (*Engraulis anchoita*) y recomendación de captura biológicamente aceptable durante el año 2022.

Paula Orlando, Claudio C. Buratti, Alejandro D. Garciarena y Germán E. Buratti

Citar como:

*Orlando P, Buratti CC, Garciarena AD y Buratti G.E. 2022. Evaluación del efectivo patagónico de anchoíta (*Engraulis anchoita*) y recomendación de captura biológicamente aceptable durante el año 2022. Inf Tec Oficial INIDEP N° 051/22, 19 pp.*





Evaluación del efectivo patagónico de anchoíta (*Engraulis anchoita*) y recomendación de captura biológicamente aceptable durante el año 2022.

Paula Orlando^{1,2}, Claudio C. Buratti^{1,2}, A. David Garcarena¹ y Germán E. Buratti¹

¹Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

²Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNMDP)

Resumen ejecutivo

Se ajustó un modelo de producción estructurado por edades a las observaciones disponibles sobre la pesquería estacional de anchoíta patagónica entre los años 1990 y 2021. Estas fueron: los desembarques anuales en toneladas, las proporciones por edad en las campañas de investigación y las evaluaciones directas de abundancia obtenidas por acústica y por el método de producción diaria de huevos. Los resultados reiteran observaciones previas respecto a las moderadas variaciones interanuales en la abundancia de la población. Durante la época reproductiva, máxima en diciembre, la abundancia del *stock* de anchoíta patagónica habría fluctuado entre 824.000 t y 1.972.00 t (promedio 1.206.000 t), mientras que la biomasa reproductiva lo habría hecho entre 474.000 y 1.037.000 t (promedio 698.000 t). La abundancia de los reproductores del último año con pesca superó los niveles que se determinaron como puntos de referencia objetivo (BR_{66}) y límite (BR_{40}) mediante un análisis de biomasa desovante por recluta. La variabilidad asociada a los resultados (abundancia, reclutamientos y estacionalidad de la explotación) se incorporó a un proceso de simulación en el que la evolución del *stock* fue proyectada asumiendo distintos valores de mortalidad por pesca (tasa F), constantes en años sucesivos. Se encontró, de esa manera, el máximo valor de F que resultara compatible con la Regla de Control de Capturas de esta pesquería. Aunque en la actualidad la población debe considerarse “saludable”, y con el objeto de mantener un criterio precautorio para el desarrollo gradual y controlado de aquellas pesquerías que puedan considerarse explotadas por debajo de su potencial y además desempeñan un rol clave en el ecosistema, se recomienda que el máximo de capturas de anchoíta patagónica durante 2022 sea fijado en 116.000 toneladas.

Palabras Clave

Anchoíta patagónica, captura biológicamente aceptable, modelo de producción estructurado por edades.

Introducción

La anchoíta (*Engraulis anchoita*) es un pez pelágico pequeño con una extensa distribución en el océano Atlántico sudoccidental, desde Cabo Frío en Brasil (23°S) hasta la Patagonia (48°S), y en profundidades que van desde aguas someras hasta fuera del talud continental (Angelescu 1982, Hansen 2004). Es una especie clave en los ecosistemas ya que constituye el alimento de numerosas especies de peces, aves y mamíferos marinos (Angelescu 1982, Scolaro et al. 1986, Koen-Alonso et al. 2000 y 2001, Jarra et al. 2019, Ciancio et al. 2020).

La administración pesquera argentina efectúa la gestión de la explotación de anchoíta considerando dos *stocks*: el bonaerense (34°S – 41°S) y el patagónico (41°S - 48°S).

En el *stock* patagónico de la anchoíta, la actividad pesquera ha sido siempre muy modesta, y ha sido desarrollada principalmente por embarcaciones que, operando sobre el efectivo norteño en proximidad del paralelo 41°S, se desplazaron hacia el sur en búsqueda de cardúmenes. Sin embargo, en ciertas oportunidades algunos barcos costeros del puerto de Rawson han capturado anchoíta en aguas próximas a esa ciudad. Esta pesca que se producía de forma esporádica se ha repetido en los últimos años debido a varios factores: la época de pesca coincide con el periodo de inactividad de esas embarcaciones previa temporada sobre el langostino patagónico (*Pleoticus muelleri*); las capturas, compuestas principalmente por ejemplares de tamaño mediano a grande, se efectúan en proximidad del puerto de operación; y existe una mayor demanda de las empresas conserveras y saladeros marplatenses (Garcarena et al. 2020 y 2021). En el año 2021 se desembarcaron 3.298 toneladas de anchoíta patagónica. Como es habitual, la pesca presentó una marcada estacionalidad,



concentrándose la extracción en los meses de junio y julio. Las capturas al sur de 41° S fueron producidas principalmente por barcos costeros asentados en el puerto de Rawson, además, un buque procesador pescó anchoíta sureña durante noviembre, luego de haber sido autorizado por el Consejo Federal Pesquero a explorar y pescar en el área de veda permanente de juveniles de merluza (Garciaarena et al 2022).

Las campañas de investigación llevadas a cabo para realizar la estimación de la abundancia de este efectivo, que comenzaron en el año 1993, mantuvieron una cierta regularidad hasta el año 2006, cuando por distintas razones fueron discontinuadas hasta el año 2018 (Buratti et al. 2020). Con el objetivo de retomar una regularidad que permitiera el monitoreo adecuado de una especie de vida corta con importantes fluctuaciones interanuales, se efectuó un nuevo crucero de investigación en diciembre de 2020 (Buratti et al. 2021).

La estimación puntual de biomasa de anchoíta en diciembre de 2020 fue de 700.000 toneladas, que resultó ser la más baja de las diez campañas de investigación realizadas desde el año 1993 (Buratti et al. 2021). Las condiciones climáticas adversas, fuertes vientos del sudeste, condicionaron el normal desarrollo de la campaña y forzaron, por falta de tiempo, la decisión de no realizar la cobertura del Estrato 5 y reducirla en el Estrato 3 (ver Buratti et al. 2021).

En el presente informe se efectúa un diagnóstico del estado poblacional de la anchoíta patagónica mediante un modelo de producción con estructura etaria (Deriso et al., 1985; Hilborn, 1990), y se estima una captura biológicamente aceptable para el año 2022.

Materiales y métodos

Para estimar la evolución de la población de anchoíta patagónica desde el año 1990 y diagnosticar su estado actual, se adoptó un modelo de producción con estructura de edades (MPEE), buscando que las capturas totales anuales predichas se aproximaran a los registros estadísticos observados. El ajuste se auxilió mediante indicadores independientes de la abundancia total del *stock* en distintos años:

- diez valores de biomasa total que resultaron de campañas de evaluación acústica llevadas a cabo entre 1993 y 2020;
- seis estimaciones de biomasa de reproductores efectuadas mediante el método de producción diaria de huevos;
- proporciones por grupo de edad estimadas en las campañas acústicas antes mencionadas.

En el modelo, se estimó un valor medio para el periodo en estudio y se permitió cierta variabilidad anual a partir de un espacio acotado de búsqueda. Además, se forzó a que el ajuste cumpliera con una función de penalidad del reclutamiento según Maunder y Deriso (2003). El modelo se implementó mediante un código propio escrito para el *software* de auto-diferenciación automática AD Model Builder (ADMB) en su interfaz de usuario AD Studio (<http://admb-project.org>).

Estacionalidad en la explotación

Al igual que en evaluaciones previas, se supuso que la explotación se desarrolló según pulsos periódicos (Hansen et al. 2012 a 2015; Buratti et al. 2016, 2020 y 2021), donde el valor anual ($y = 1990, 1991, \dots, 2021$) del factor $\gamma(M)$ y de estacionalidad (Mertz y Myers 1996) se ingresó como dato conocido y constante para los distintos grupos de edad, como resultado de las capturas obtenidas en tres periodos cuatrimestrales ($i = 1, 2, 3$) de duración igual a 0,333 de año, y de la mortalidad natural:



$$\gamma(M)_y = \frac{\sum_{i=1}^3 Y_{i,j} * \exp\left\{M * \left[(i - 1) * 0,333 + \frac{0,333}{2}\right]\right\} * \exp(-M)}{Y_y} \quad (1)$$

donde $M = 0,98$ es una estimación de la tasa de mortalidad natural (Hansen 2011), asumida como constante para toda edad y año; $Y_{i,y}$ (t) es la captura nominal de anchoíta en toneladas registrada en el cuatrimestre i -ésimo del año y -ésimo, cuya suma anual constituye el rendimiento Y_y registrado en el Sistema Integrado de Información Oceanográfico Pesquera del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (SIOP-INIDEP) y filtrado para incluir exclusivamente los datos registrados al sur de 41° S (Tabla 1).

Tabla 1. Rendimientos nominales (toneladas) de anchoíta al sur de 41° S por cuatrimestre y año (Y_y), y estimaciones del factor de estacionalidad anual $\gamma(M)_y$. Período 1990 – 2021.

| Año y | Cuatr.1 | Cuatr.2 | Cuatr.3 | Y_y | $\gamma(M)_y$ |
|-------|---------|---------|---------|-------|---------------|
| 1990 | 225 | 1.534 | 0 | 1.759 | 0,591 |
| 1991 | 4 | 1.464 | 9 | 1.477 | 0,614 |
| 1992 | 0 | 608 | 678 | 1.286 | 0,737 |
| 1993 | 0 | 2.040 | 3.689 | 5.729 | 0,765 |
| 1994 | 455 | 213 | 1.455 | 2.124 | 0,738 |
| 1995 | 1.713 | 2.015 | 2.790 | 6.517 | 0,669 |
| 1996 | 662 | 2.103 | 1.781 | 4.546 | 0,681 |
| 1997 | 407 | 3.286 | 496 | 4.189 | 0,624 |
| 1998 | 453 | 23 | 187 | 663 | 0,563 |
| 1999 | 16 | 357 | 6.058 | 6.430 | 0,835 |
| 2000 | 0 | 1 | 1.691 | 1.691 | 0,849 |
| 2001 | 1 | 195 | 757 | 953 | 0,800 |
| 2002 | 0 | 345 | 417 | 762 | 0,742 |
| 2003 | 464 | 1.062 | 0 | 1.526 | 0,561 |
| 2004 | 7 | 1.003 | 8 | 1.018 | 0,613 |
| 2005 | 237 | 1.150 | 3.560 | 4.947 | 0,775 |
| 2006 | 336 | 10 | 1.577 | 1.923 | 0,777 |
| 2007 | 0 | 13 | 3.258 | 3.271 | 0,848 |
| 2008 | 0 | 416 | 2.022 | 2.438 | 0,809 |
| 2009 | 0 | 0 | 303 | 303 | 0,849 |
| 2010 | 17 | 38 | 4.693 | 4.747 | 0,846 |
| 2011 | 0 | 291 | 1.152 | 1.443 | 0,802 |
| 2012 | 0 | 10 | 661 | 671 | 0,843 |
| 2013 | 0 | 130 | 329 | 458 | 0,782 |
| 2014 | 0 | 147 | 1.270 | 1.416 | 0,825 |
| 2015 | 0 | 553 | 1.728 | 2.281 | 0,792 |
| 2016 | 0 | 201 | 6 | 207 | 0,620 |
| 2017 | 0 | 0 | 2.127 | 2.127 | 0,849 |
| 2018 | 0 | 0 | 55 | 55 | 0,849 |
| 2019 | 0 | 148 | 3.997 | 4.146 | 0,841 |
| 2020 | 28 | 4.138 | 2.713 | 6.879 | 0,699 |
| 2021 | 1,2 | 2.973 | 323 | 3.898 | 0,636 |

Reclutamientos

Los reclutamientos fueron modelados de acuerdo con la media de una distribución log-normal, y con desviaciones anuales que se suavizaron mediante una función de penalidad del reclutamiento (Maunder y Deriso 2003). La media de los logaritmos de los reclutamientos, estimada en la primera fase de minimización de la función objetivo, se restringió al intervalo entre 11,2 y 12,9; es decir, a medianas de reclutamientos entre 73 mil y 400 mil millones de individuos. Los reclutamientos se predijeron mediante:

$$N_{1,y} = \exp[\ln(N_1)] * \exp(\varepsilon_y) \quad (2)$$



La cual, dado que la media aritmética de los reclutamientos (\bar{R}) es:

$$\bar{R} = \exp[\ln(N_1) + 0,5 * \sigma_R^2] \quad (2')$$

puede escribirse en esos términos:

$$N_{1,y} = \bar{R} * \exp(\varepsilon_y - 0,5 * \sigma_R^2) \quad (2'')$$

donde para los residuales anuales ε_y se permitieron valores entre $\ln \varepsilon_y = -15$ y $\ln \varepsilon_y = 15$, que fueron estimados durante la segunda fase de minimización, con la condición de que su suma (y por lo tanto su media) resultara igual a cero $\sum_{y=1990}^{2021} \varepsilon_y = 0$. De acuerdo con resultados preliminares, se asumió un valor de 0,55 para los desvíos de los logaritmos de los reclutamientos.

Condiciones iniciales

En el primer año de análisis (1990), la estructura del *stock* se asumió sujeta a una explotación estacional, y no necesariamente en equilibrio, siendo las capturas en millones de individuos del primer grupo de edad en ese año predichas mediante (Mertz y Myers 1996):

$$\hat{C}_{1,1990} = N_{1,1990} [\exp(-M) - \exp(-M - F_{1990} * S_1)] / \gamma(M)_{1990} \quad (3)$$

Las componentes anuales de las tasas de mortalidad por pesca, F_y (para $y = 1990, 1991, \dots, 2021$), se estimaron en la primera etapa de minimización, limitándose la búsqueda al intervalo entre 0,0006 y 0,025.

Los factores de explotación edad – específicos, S_t se consideraron “conocidos” y constantes durante todo el período analizado, siendo: $S_1 = 0,026$; $S_2 = 0,161$; $S_3 = 0,577$; $S_4 = 0,908$; $S_5 = 0,988$ y $S_{6+} = 1,000$ (Hansen et al. 2012).

El factor de estacionalidad $\gamma(M)_y$ guarda la siguiente relación con un único pulso teórico de explotación que ocurriera en la fracción v_y de un año determinado (Mertz y Myers 1996):

$$\gamma(M)_{1990} = \exp[-M * (1 - v_y)]$$

Por lo tanto, la cantidad de ejemplares de los grupos de edad mayores que 1 al comenzar el año inicial, esto es, $N_{t,1990}$ para $2 \leq t \leq 6+$, se calculó computando:

$$N_{t,1990} = [N_{t-1,1990} * \exp(-v_{1990} * M) - \hat{C}_{t-1,1990}] * \exp[-(1 - v_{1990}) * M] * \exp(\delta_t) \quad (4)$$

Dinámica poblacional

Una vez determinadas las condiciones iniciales del efectivo en el año 1990 y la serie de reclutamientos posteriores (en millones de individuos), se calcularon las cantidades de ejemplares de los grupos de edad mayores a 1 al 1° de enero de cada año ($y = 1991, 1992, \dots, 2021$), usando las ecuaciones:

$$N_{t,y} = [N_{t-1,y-1} - \hat{C}_{t-1,y-1} * \gamma(M)_{y-1} * \exp(M)] * \exp(-M) \quad \text{Para } t \leq 5 \quad (5)$$

$$N_{6+,y} = [N_{5,y-1} - \hat{C}_{5,y-1} * \gamma(M)_{y-1} * \exp(M)] * \exp(-M) + [N_{6+,y-1} - \hat{C}_{6+,y-1} * \gamma(M)_{y-1} * \exp(M)] * \exp(-M) \quad \text{Para } t = 6 + \quad (6)$$



previo cálculo de las capturas anuales por edad t (también en millones de ejemplares), mediante la modificación de la ecuación (3):

$$\hat{C}_{t,y} = N_{t,y} [\exp(-M) - \exp(-M - F_Y * S_t)] / \gamma(M)_y$$

En consecuencia, los rendimientos anuales totales (en toneladas) predichos por el modelo serían:

$$\hat{Y}_y = \sum_{t=1}^{6+} (\hat{C}_{t,y} * \bar{w}_{t,y}) \quad (7)$$

Denominado $\bar{w}_{t,y}$ al peso medio (en gramos) que tendrían los peces de cada edad en la mencionada fracción v_y de cada año y –ésimo (Tabla 2).

Tabla 2. Pesos medios (gramos) por grupo de edad en las capturas, estimados en los momentos en que habría ocurrido cada pulso de extracción anual, a su vez determinado a partir del parámetro $\gamma(M)_y$. Período 1990 – 2021.

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6+ | Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6+ |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1990 | 4,75 | 13,67 | 22,94 | 30,57 | 36,19 | 40,09 | 2006 | 6,72 | 15,47 | 24,31 | 31,83 | 37,65 | 41,93 |
| 1991 | 5,04 | 14,05 | 23,28 | 30,83 | 36,37 | 40,21 | 2007 | 7,78 | 17,21 | 25,99 | 32,87 | 37,81 | 41,18 |
| 1992 | 6,55 | 15,85 | 24,84 | 32,01 | 37,21 | 40,77 | 2008 | 7,36 | 16,75 | 25,61 | 32,59 | 37,61 | 41,04 |
| 1993 | 4,67 | 12,67 | 21,78 | 30,25 | 37,33 | 42,88 | 2009 | 7,79 | 17,22 | 26,00 | 32,88 | 37,81 | 41,18 |
| 1994 | 7,74 | 16,85 | 25,76 | 33,16 | 38,80 | 42,89 | 2010 | 7,76 | 17,18 | 25,97 | 32,86 | 37,80 | 41,17 |
| 1995 | 4,53 | 14,23 | 24,02 | 31,67 | 36,96 | 40,42 | 2011 | 7,28 | 16,66 | 25,53 | 32,53 | 37,57 | 41,02 |
| 1996 | 2,85 | 13,93 | 25,19 | 33,09 | 37,89 | 40,61 | 2012 | 7,73 | 17,15 | 25,95 | 32,84 | 37,78 | 41,16 |
| 1997 | 5,18 | 14,21 | 23,42 | 30,94 | 36,45 | 40,26 | 2013 | 7,06 | 16,42 | 25,33 | 32,38 | 37,46 | 40,95 |
| 1998 | 1,89 | 8,19 | 16,99 | 26,07 | 34,19 | 40,88 | 2014 | 7,53 | 16,94 | 25,77 | 32,71 | 37,69 | 41,10 |
| 1999 | 4,42 | 11,54 | 20,19 | 28,89 | 36,82 | 43,61 | 2015 | 7,17 | 16,54 | 25,43 | 32,46 | 37,52 | 40,98 |
| 2000 | 7,79 | 17,22 | 26,00 | 32,88 | 37,81 | 41,18 | 2016 | 5,12 | 14,14 | 23,36 | 30,89 | 36,42 | 40,24 |
| 2001 | 7,26 | 16,65 | 25,52 | 32,52 | 37,56 | 41,01 | 2017 | 7,79 | 17,22 | 26,00 | 32,88 | 37,81 | 41,18 |
| 2002 | 6,60 | 15,91 | 24,90 | 32,05 | 37,23 | 40,79 | 2018 | 7,79 | 17,22 | 26,00 | 32,88 | 37,81 | 41,18 |
| 2003 | 4,36 | 13,16 | 22,48 | 30,22 | 35,94 | 39,91 | 2019 | 7,70 | 17,12 | 25,92 | 32,82 | 37,77 | 41,15 |
| 2004 | 4,30 | 12,53 | 21,51 | 29,31 | 35,36 | 39,77 | 2020 | 10,27 | 17,06 | 23,68 | 29,55 | 34,47 | 38,46 |
| 2005 | 6,98 | 16,33 | 25,25 | 32,32 | 37,42 | 40,92 | 2021 | 5,33 | 14,40 | 23,59 | 31,07 | 36,54 | 40,32 |

Los pesos medios de cada grupo de edad en el *stock* hacia el 15 de diciembre ($w_{t,y}^*$), esto es durante el pico de actividad reproductiva cuando se desarrollaron las campañas de evaluación, se indican en la Tabla 3. Estos pesos se calcularon ajustando la función de von Bertalanffy respectiva, mientras que en los años restantes se estimaron mediante una ecuación general (Hansen 2011) ajustada al conjunto de datos de las campañas efectuadas.



Tabla 3. Pesos medios (gramos) por grupo de edad en la población, estimados a mediados de diciembre, mes en que se desarrollaron las campañas de evaluación. Se discrimina entre los años en que se dispone de datos de ese origen y años (“otros”) en que no se realizaron campañas. Período 1990 – 2021.

| | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1998 | 1999 | 2004 | 2006 | 2018 | 2020 | Otros |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 6,29 | 10,06 | 7,81 | 6,20 | 4,86 | 5,27 | 7,77 | 8,48 | 12,67 | 11,43 | 8,91 |
| 2 | 14,76 | 19,34 | 18,01 | 18,18 | 12,84 | 12,72 | 16,70 | 17,44 | 20,39 | 18,25 | 18,40 |
| 3 | 23,85 | 27,92 | 27,13 | 28,37 | 22,00 | 21,45 | 25,28 | 26,07 | 26,88 | 24,77 | 26,98 |
| 4 | 32,03 | 34,85 | 33,87 | 35,08 | 30,65 | 30,08 | 32,29 | 33,23 | 31,82 | 30,48 | 33,60 |
| 5 | 38,75 | 40,04 | 38,42 | 39,03 | 38,02 | 37,86 | 37,56 | 38,70 | 35,37 | 35,24 | 38,31 |
| 6+ | 43,96 | 43,76 | 41,35 | 41,25 | 43,91 | 44,47 | 41,33 | 42,68 | 37,85 | 39,06 | 41,51 |

Dichos pesos se incorporaron en el cálculo de la biomasa total anual a mediados de diciembre (\hat{B}_y^*) predicha por el modelo:

$$\hat{B}_y^* = \sum_{t=1}^{6+} (N_{t,y}^* * w_{t,y}^*) \quad (8)$$

donde $N_{t,y}^*$ es el número de sobrevivientes al 15 de diciembre, estimado considerando las capturas teóricas obtenidas en cada cuatrimestre ($i = 1$ a 3):

$$N_{t,y}^* = \left\{ \left[N_{t,y} * \exp\left(-M * \frac{2}{12}\right) - \hat{C}_{1,t,y} \right] * \exp\left(-M * \frac{4}{12}\right) - \hat{C}_{2,t,y} \right\} * \exp\left(-M * \frac{5,5}{12}\right) - \widehat{\bar{C}}_{3,t,y} * 0,875 \quad (9)$$

La expresión (9) supone que el 87,5% de las capturas del cuatrimestre final fueron tomadas entre el 1° de septiembre y el 15 de diciembre, representando $\hat{C}_{i,t,y}$ las capturas por edad predichas para los cuatrimestres $i = 1, 2$ y 3, en millones de individuos. Estas se obtuvieron del valor anual teórico (ecuaciones 3 y 7) y de las proporciones que surgen de los datos de la Tabla 1 aplicando:

$$\hat{C}_{i,t,y} = \hat{C}_{t,y} Y_{i,y} / Y_y \quad (10)$$

Luego, las predicciones anuales de sobrevivientes hasta mediados de diciembre de los ejemplares de cada grupo de edad del *stock* se expresaron como proporciones:

$$\hat{p}_{t,y}^* = N_{t,y}^* / \sum_{t=1}^{6+} N_{t,y}^* \quad (11)$$

El contraste de estas proporciones con las obtenidas a partir de las campañas de investigación (Tabla 4) constituyó uno de los términos de la función objetivo.

Tabla 4. Proporciones de individuos por grupo de edad y año ($p_{t,y}$) observadas en las campañas de evaluación de anchoíta patagónica efectuadas entre 1993 y 2021.

| Año y | $p_{1,y}$ | $p_{2,y}$ | $p_{3,y}$ | $p_{4,y}$ | $p_{5,y}$ | $p_{6+,y}$ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1993 | 0,8099 | 0,1112 | 0,0408 | 0,0232 | 0,0125 | 0,0023 |
| 1994 | 0,5602 | 0,1507 | 0,0931 | 0,1132 | 0,0637 | 0,0191 |
| 1995 | 0,5722 | 0,3083 | 0,0922 | 0,0176 | 0,0079 | 0,0018 |
| 1996 | 0,3253 | 0,5363 | 0,1053 | 0,0257 | 0,0051 | 0,0023 |
| 1998 | 0,5481 | 0,3857 | 0,0522 | 0,0125 | 0,0015 | 0,0000 |
| 1999 | 0,0937 | 0,3753 | 0,4517 | 0,0663 | 0,0090 | 0,0041 |
| 2004 | 0,5462 | 0,3913 | 0,0368 | 0,0225 | 0,0028 | 0,0003 |
| 2006 | 0,3653 | 0,3880 | 0,1545 | 0,0864 | 0,0051 | 0,0006 |
| 2018 | 0,4115 | 0,3813 | 0,1476 | 0,0457 | 0,0139 | 0,0000 |
| 2020 | 0,1286 | 0,4721 | 0,1764 | 0,1260 | 0,0655 | 0,0314 |

Los valores anuales de biomasa de reproductores al 15 de diciembre (BR_y^*), se predijeron agregando en la ecuación (9) el factor m_t , que representa la proporción de ejemplares maduros por grupo de edad, tomada como constante durante todo el período: $m_1 = 0,15$; $m_2 = 0,71$ y $m_{t>3} = 1,00$ (Hansen 2011):

$$BR_y^* = \sum_{t=1}^{6+} (N_{i,t}^* * w_{t,y}^* * m_t) \quad (12)$$

Función objetivo

El modelo se ajustó mediante la búsqueda, por parte del ADMB, del vector de parámetros que minimizara el logaritmo cambiado de signo de una función objetivo, o de verosimilitud total, compuesta por cinco términos aditivos L_i y sus respectivos valores de penalizaciones elegidos en función del ajuste de los índices correspondientes: $\lambda_1 = 120$ (capturas), $\lambda_2 = 40$ (biomasa total), $\lambda_3 = 120$ (proporciones por edad), $\lambda_4 = 40$ (biomasa reproductiva) y $\lambda_5 = 20$ (penalidad del reclutamiento):

$$-\log Lik = \lambda_1 * L_1 + \lambda_2 * L_2 + \lambda_3 * L_3 + \lambda_4 * L_4 + \lambda_5 * L_5 \quad (13)$$

El primer término de verosimilitud, que correspondió a los rendimientos en toneladas, reunió las diferencias, que se asumieron normalmente distribuidas y con coeficiente de variación constante, entre los valores predichos \hat{Y}_y y las cantidades observadas Y_y :

$$-L_1 = \frac{\sum_{y=1990}^{2021} \left(\frac{Y_y - \hat{Y}_y}{\hat{Y}_y} \right)^2}{2 \sigma_Y^2} \quad (14)$$

siendo aproximada la desviación estándar σ_Y^2 con el coeficiente de variabilidad de los rendimientos del período (CV $Y_y = 0,79$).

El segundo término de verosimilitud negativa se vinculó con las estimaciones acústicas de la biomasa total B_y (datos en Tabla 5 tomados de Madirolas et al. 2013; Buratti et al. 2019 y Buratti et



al., 2021) a las cuales se asoció una estructura de error de distribución log-normal y las correspondientes estimadas por el modelo:

$$-L_2 = \frac{\sum_{y=1990}^{2021} [\ln(B_y) - \ln(B_y^*)]^2}{2 \sigma_B^2} \quad (15)$$

donde el coeficiente de variabilidad aritmético de las estimaciones acústicas de biomasa ($CV_B = 0,405$) se usó para aproximar la desviación estándar $\sigma_B = 0,389$ en escala logarítmica (Sampson y Yin 1998):

$$\sigma_B = \sqrt{\ln(1 + CV_B^2)} \quad (16)$$

El tercer término de la función de verosimilitud correspondió a las estimaciones de biomasa de reproductores BR_y por el método de producción diaria de huevos, MPDH (datos en Tabla 5, de Leonarduzzi et al. en preparación) y las correspondientes estimaciones por el modelo:

$$-L_3 = \frac{\sum_{y=1990}^{2021} [\ln(BR_y) - \ln(BR_y^*)]^2}{2 \sigma_{BR}^2} \quad (17)$$

en este caso, la ecuación (17) se adaptó para estimar la desviación estándar $\sigma_{BR} = 0,646$ en escala logarítmica a partir del coeficiente de variabilidad de las estimaciones por el MPDH consideradas válidas (Tabla 3, $CVBR = 0,719$).

Tabla 5. Evaluaciones directas de abundancia de anchoíta patagónica (en toneladas) efectuadas mediante campañas de investigación: B_y biomasa total estimada por acústica (Madirolas et al., 2013; Buratti et al., 2019; Buratti et al., 2021); BR_y biomasa de reproductores según el método de producción diaria de huevos (Leonarduzzi et al. en preparación).

| Año y | B_y | BR_y |
|-------|-----------|-----------|
| 1993 | 764.702 | 722.548 |
| 1994 | 975.298 | 357.599 |
| 1995 | 1.905.394 | 1.433.498 |
| 1996 | 2.177.411 | 1.168.631 |
| 1998 | 1.327.565 | 330.761 |
| 1999 | 1.025.945 | 3.220.949 |
| 2004 | 1.091.813 | 718.838 |
| 2006 | 1.574.359 | 2.393.264 |
| 2018 | 838.270 | - |
| 2020 | 700.000 | 498.158 |

El cuarto término se planteó asumiendo que la distribución de las proporciones por edades ajustada a los datos de campañas es multinomial:

$$L_4 = -n_{t,y} \sum_{y=1990}^{2021} \sum_{t=1}^{6+} p_{t,y} * \ln(\hat{p}_{t,y}/p_{t,y}) \quad (18)$$



Siendo $n_{t,y} = 120$ el “tamaño efectivo de muestra”, o cantidad de ejemplares de edad t presentes en las muestras del año y –ésimo, seleccionado por ser el mínimo habitual de individuos en las muestras para determinar la estructura de longitudes (Gatica et al. 2007).

Una penalidad sobre los reclutamientos constituyó el último término de la función objetivo y fue modelada a partir de los desvíos anuales indicados en la ecuación (2) y suponiendo un desvío estándar = 0,55 (Maunder y Deriso 2003):

$$-L_5 = \sum_{y=1990}^{2021} \ln(\sigma_{N1}) + \frac{(\varepsilon_y)^2}{2(\sigma_{N1})^2} \quad (19)$$

Puntos biológicos de referencia

Como en evaluaciones previas, los puntos biológicos de referencia se determinaron a partir de un análisis de biomasa reproductiva por recluta, BR/N_I (Goodyear 1993). Se asumieron como constantes los valores medios observados durante el período 1990-2021, tanto del parámetro de explotación estacional: $\gamma(M)_y = 0,7445$, como de las proporciones por cuatrimestre en las capturas: $Y_1/Y_y = 0,061$; $Y_2/Y_y = 0,329$; e $Y_3/Y_y = 0,608$.

Para llevar a cabo el análisis, las capturas teóricas por edad obtenidas de cada recluta se calcularon con la ecuación (7); los sobrevivientes de los grupos $t > 1$ al comienzo de cada año, con las fórmulas (5) y (6); y la contribución relativa de cada edad a la biomasa de reproductores, mediante las expresiones (10) y (13).

En principio, se supuso ausencia de pesca ($F = 0$) y luego valores crecientes de la tasa de mortalidad pesquera para determinar, como en informes anteriores (Hansen et al., 2012 a 2015, Buratti et al., 2016, 2020 y 2021):

- Biomasa de reproductores generada por cada recluta a la edad 1, en ausencia de pesca: $[BR/N_I]_{F=0}$, o simplemente: $[BR/R]_{F=0}$.
- Biomasa de reproductores por recluta, igual a 66% de la generada en ausencia de pesca. Este valor, designado $[BR/R]_{F66}$, resulta de aplicar una tasa de mortalidad $F_{ref} = F_{66}$, tal que $[BR/R]_{F_{ref}}/[BR/R]_{F=0} = 0,66$.
- Biomasa de reproductores por recluta, igual a 40% de la generada en ausencia de pesca. Este valor, designado como $[BR/R]_{F40}$, surge de suponer una tasa de mortalidad $F_{ref} = F_{40}$, tal que $[BR/R]_{F_{ref}}/[BR/R]_{F=0} = 0,40$.
- Biomasa absoluta de reproductores, asumiendo que se aplica la tasa F_{66} y que el reclutamiento equivale a la media de los valores estimados por el ADMB entre los años 2017 y 2021 (103.024 millones de ejemplares). El efectivo reproductor resultante, adoptado como Punto Biológico de Referencia Objetivo para esta población, puede denotarse simplemente como BR_{66} .
- Biomasa absoluta de reproductores, calculada igual que en el caso anterior, aunque suponiendo aplicar la tasa F_{40} . Esta magnitud de efectivo reproductor, BR_{40} , constituiría el Punto Biológico de Referencia Límite.

Proyecciones

Se realizaron simulaciones de la evolución del *stock* suponiendo distintas intensidades de explotación futura, y también evaluando los riesgos teóricos asociados, tanto en función de asegurar



su reproducción como una moderada presencia de juveniles en las capturas. En las proyecciones, se incluyeron los valores de F_{66} y F_{40} determinados por el análisis de biomasa reproductiva por recluta. Se supuso la existencia de pulsos de explotación, y se usaron como valores iniciales las estimaciones del modelo referidas a comienzos del año 2021: cantidad de ejemplares por edad ($N_{t,2021}$ $t = 1, 2, \dots, 6+$), biomasa total (\hat{B}_{2021}) y desviación estándar de la misma (S_{B2021}). Los valores de cada tasa F se mantuvieron constantes durante un período de 16 años (2022-2036), y se promediaron los resultados de 1.500 simulaciones ($j = 1, 2, \dots, 1.500$) referidos a rendimiento, abundancia de reproductores, y riesgo de que ésta caiga en el primer año de proyección por debajo del punto de referencia límite, BR_{40} .

En cada j –ésima simulación:

- Se asumió una distribución normal con media \hat{B}_{2021} y desviación estándar S_{B2021} , generándose de manera aleatoria un valor de biomasa total inicial para el último año con pesca ($B_{aleat,j}$), a partir del cual se derivaron cantidades de ejemplares por edad al inicio de ese año:

$$N_{t,2021,j} = \frac{N_{t,2021} * B_{aleat,j}}{\hat{B}_{2021}} \quad (20)$$

- Se calculó la tasa de mortalidad $F_{2021,j}$ que produciría, partiendo del nuevo vector de individuos por edad, las capturas que se registraron ese año.
- Los reclutamientos anuales ($N_{1,y,j}$) durante el período de proyección se generaron asumiendo su distribución log-normal, y usando como parámetros la media y la desviación estándar de los logaritmos de los reclutamientos estimados por el MPEE.
- La explotación de cada año se supuso estacional, y se modeló mediante un valor del parámetro $\gamma(M=0,98)_{y,j}$ generado en forma aleatoria a partir de una distribución normal con media 0,7445 y desviación estándar 0,0974. Las proporciones cuatrimestrales en las capturas futuras se derivaron de las relaciones entre los valores pasados de ambas variables.
- Utilizando las ecuaciones (5) a (12) se predijeron las restantes cantidades que determinarían la dinámica y la explotación del recurso en el futuro: ejemplares por grupo de edad al 1° de enero, abundancia total y biomasa de reproductores en diciembre, así como las capturas totales que se obtendrían con cada tasa F sometida a prueba.

Regla de Control de Capturas

De acuerdo con trabajos previos (Hansen et al. 2012 a 2015, Buratti et al. 2016, 2020 y 2021), se sugieren Capturas Biológicamente Aceptables de anchoíta patagónica cumpliendo con la siguiente Regla de Control de Capturas:

$$\begin{aligned} F_{Obj} &= 0; & \text{si } BR_{actual} &\leq BR_{40} \\ F_{Obj} &= F_{66}; & \text{si } BR_{actual} &\geq BR_{66} \\ F_{Obj} &= F_{66} * [(BR_{actual} / BR_{40}) - 1]; & \text{si } BR_{66} &\geq BR_{actual} \geq BR_{40} \end{aligned} \quad (21)$$

con la condición de que esa F_{Obj} implicara un riesgo menor o igual al 10% de que la Biomasa de Reproductores en el primer año proyectado (BR_{2022}) fuera inferior al punto límite BR_{40} . En caso contrario, se debería determinar la mayor tasa (F_{seg}) que no provocase ese efecto:



$$\begin{aligned} F_{final} &= F_{Obj}; & \text{si } F_{Obj} \Rightarrow (\text{Riesgo } BR_{2022} < BR_{40}) \leq 0,10 \\ F_{final} &= F_{seg}; & \text{si } F_{Obj} \Rightarrow (\text{Riesgo } BR_{2022} < BR_{40}) > 0,10 \end{aligned} \quad (22)$$

Adicionalmente, las proyecciones se utilizaron para caracterizar la composición de los rendimientos en el largo plazo. Se analizó el riesgo de que las capturas asociadas a cada mortalidad por pesca estuvieran integradas por más de 20% de anchoítas juveniles, condición considerada para establecer la tasa de mortalidad por pesca que determina la captura biológicamente aceptable.

Resultados y Discusión

Durante el periodo de estudio, en la pesquería de anchoíta patagónica se verificaron pulsos de explotación, pero no obedecieron a un patrón de estacionalidad constante: en 22 de los 32 años fueron mayores las capturas obtenidas durante el último cuatrimestre. En nueve años predominaron los rendimientos del segundo cuatrimestre y en una única oportunidad la mayoría del total anual se obtuvo durante el cuatrimestre inicial (Figura 1). Las determinaciones del parámetro $\gamma(M)$, que define los pulsos de explotación, variaron en consecuencia ampliamente, entre 0,561 y 0,849. La media de las estimaciones fue 0,744 y la desviación estándar 0,097.

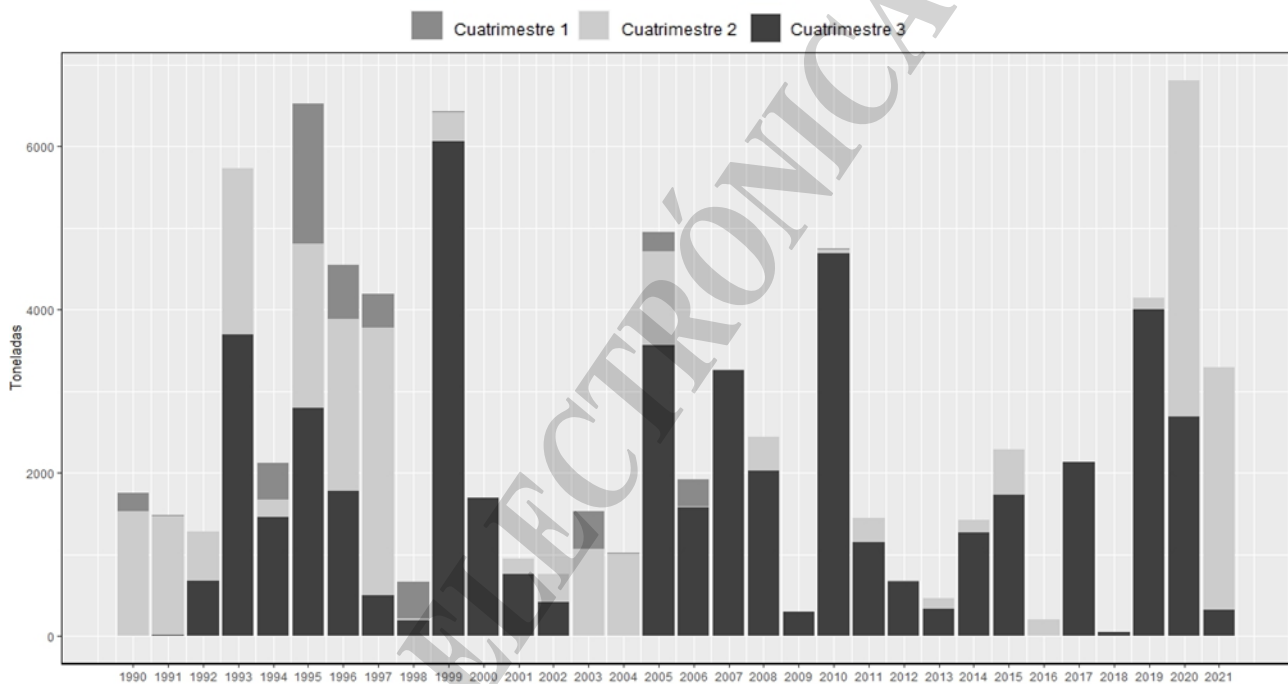


Figura 1. Capturas desembarcadas de anchoíta patagónica por cuatrimestre entre 1990 y 2021.

Hubo un muy buen ajuste del modelo de producción estructurado por edades a los datos de capturas nominales totales (Figura 2). El ajuste del modelo a los valores de biomasa total obtenidos a partir de las campañas de evaluación acústica resultó aceptable (Figura 3). Si bien la tendencia resultó decreciente, el modelo predijo una mayor abundancia que los datos observados en las campañas de investigación. No fue tan estrecho el ajuste entre las estimaciones del modelo y las correspondientes a la biomasa de reproductores derivada del MPDH (Figura 4), con excepción del año 2020 en el cual los valores observados y estimados fueron casi iguales. Cabe destacar que este recurso, al igual que el efectivo bonaerense, evidencia una moderada variabilidad interanual, asociada probablemente tanto a factores ambientales como a la disponibilidad de alimento.



Durante la época reproductiva, máxima en diciembre, la abundancia del *stock* de anchoíta patagónica habría fluctuado entre 824.000 t y 1.972.00 t (promedio 1.206.000 t), mientras que la biomasa reproductiva lo habría hecho entre 474.000 y 1.037.000 t (promedio 698.000 t).

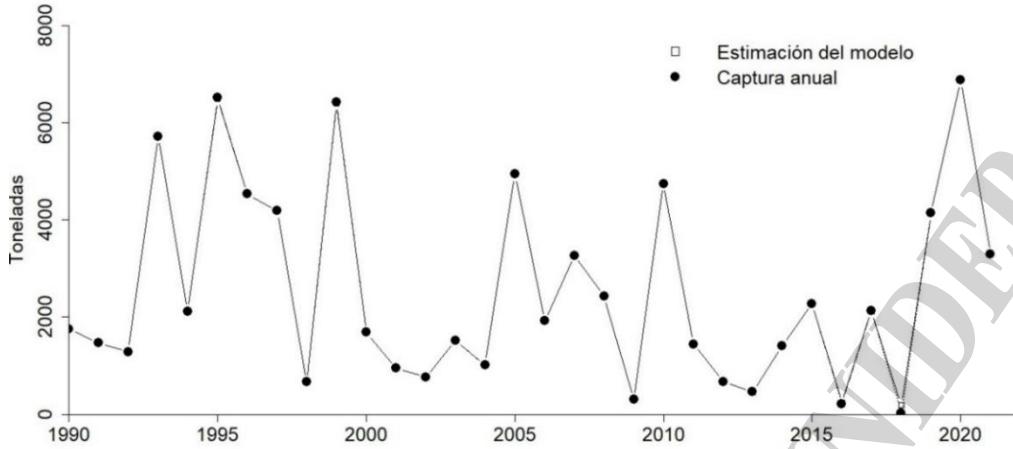


Figura 2. Anchoíta patagónica, período 1990 – 2021: ajuste del modelo de producción con estructuras de edades a los datos de capturas nominales totales (en toneladas).

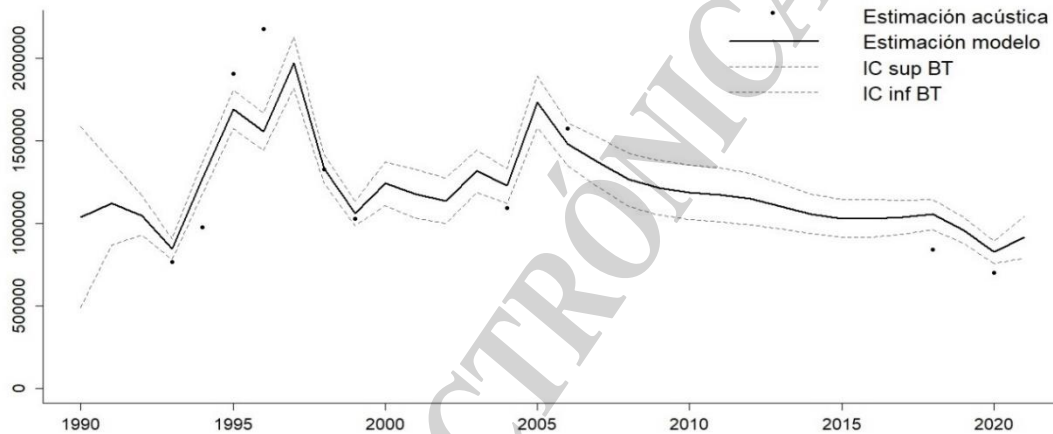


Figura 3. Estimaciones del modelo de biomasa total (*BT*) de anchoíta patagónica a mediados de diciembre y sus intervalos de confianza, comparado contra las evaluaciones acústicas utilizadas en el ajuste.

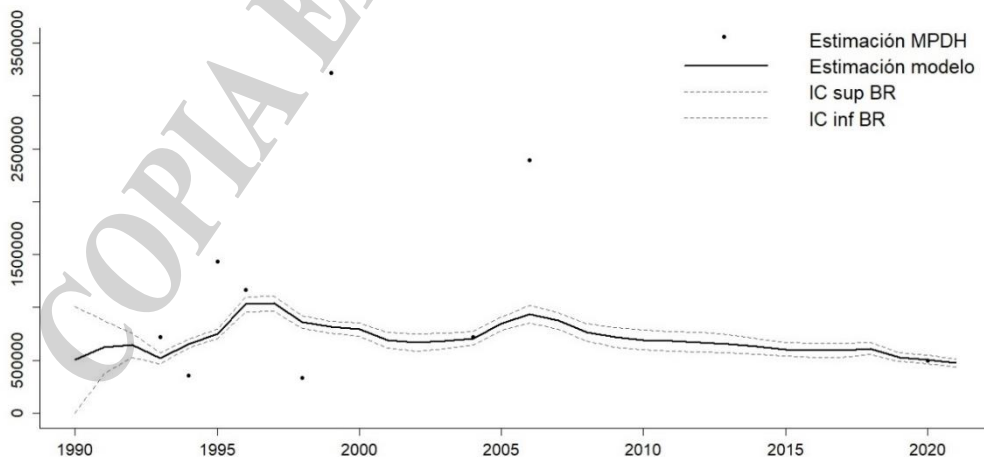


Figura 4. Estimaciones del modelo respecto a la biomasa de reproductores (*BR*) y sus intervalos de confianza, cotejada con las estimaciones obtenidas mediante el método de producción diaria de huevos (MPDH).



El ajuste de los valores teóricos a las proporciones observadas de ejemplares de los diferentes grupos de edad presentes en el mar, en el momento de desarrollarse las campañas de investigación, resultó aceptable (Figura 5).

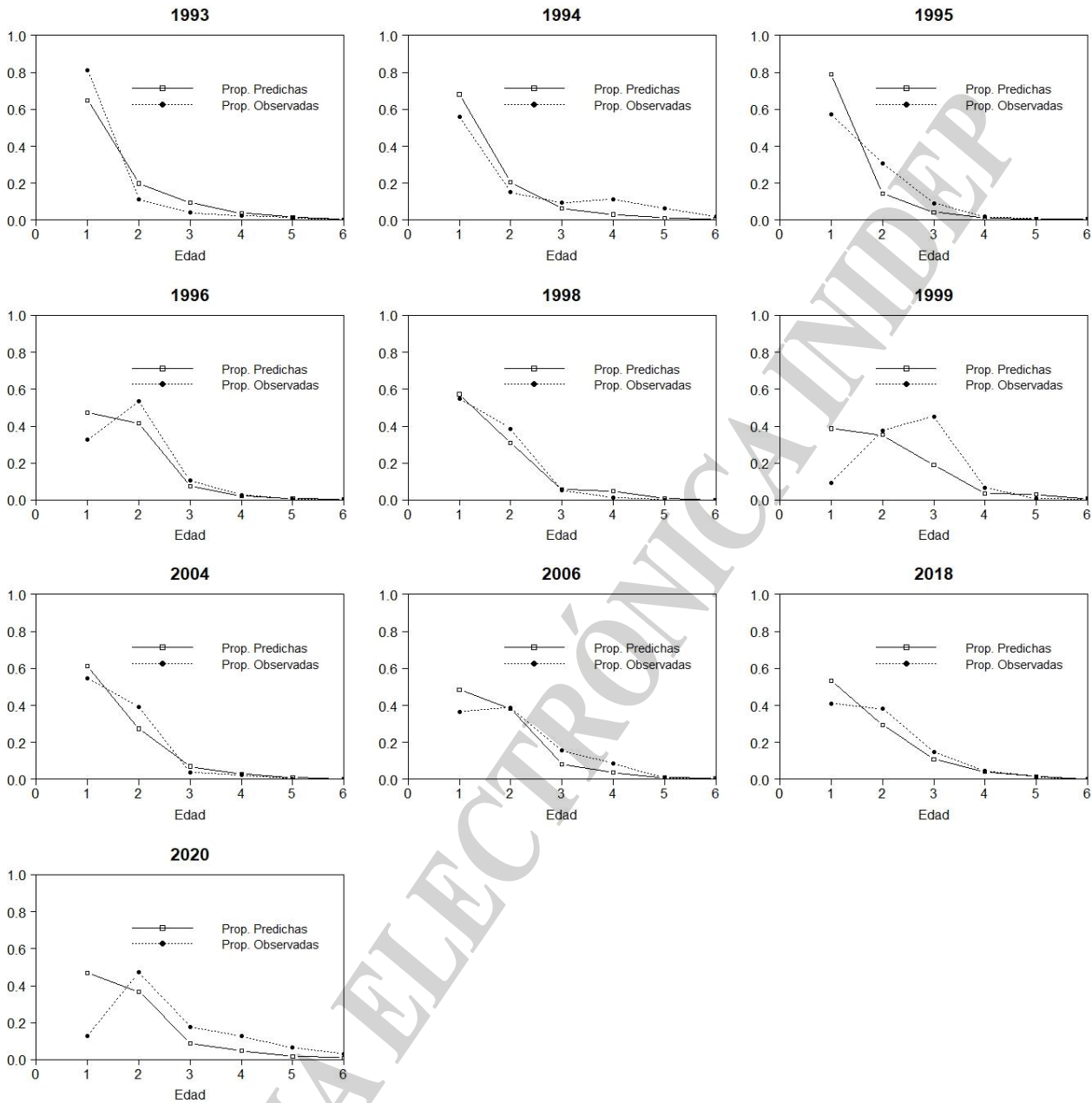


Figura 5. Proporciones por edad observadas en las campañas de evaluación acústica de anchoíta patagónica (línea punteada, círculos negros) y estimaciones del modelo que corresponden a las mismas fechas (línea llena, cuadrados vacíos).

El reclutamiento medio (Figura 6) se estimó en 141.609 millones de ejemplares (C.V.= 0,38).

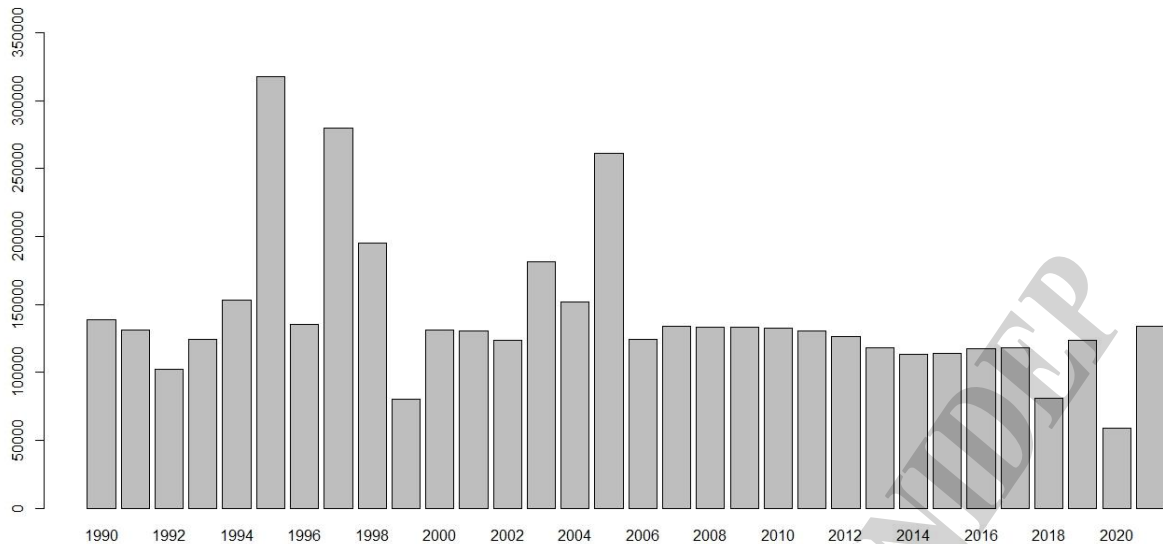


Figura 6. Reclutamientos anuales (en millones de ejemplares) de anchoíta patagónica durante el período 1990 – 2021.

La baja explotación de la anchoíta patagónica se evidenció en las tasas anuales de mortalidad pesquera que variaron en el periodo de estudio entre 0,0006 y 0,022, con un promedio de 0,0063. Los coeficientes de variabilidad de estas estimaciones se encontraron, en general, próximos a 0,86.

A inicios del último año con pesca (2021), se estimó una biomasa total de $\hat{B}_{2021} = 1.020.000$ toneladas, con una desviación estándar de 46.540 toneladas (C.V.= 18%). Ese valor de biomasa constituyó el punto de partida de las simulaciones sobre la evolución futura del *stock* y de los análisis de riesgos. Los perfiles de verosimilitud de distintas estimaciones de interés, su aproximación Normal y la cadena de Markov generada, evidenciaron similitudes que apoyan la consistencia del modelo (Figura 7).

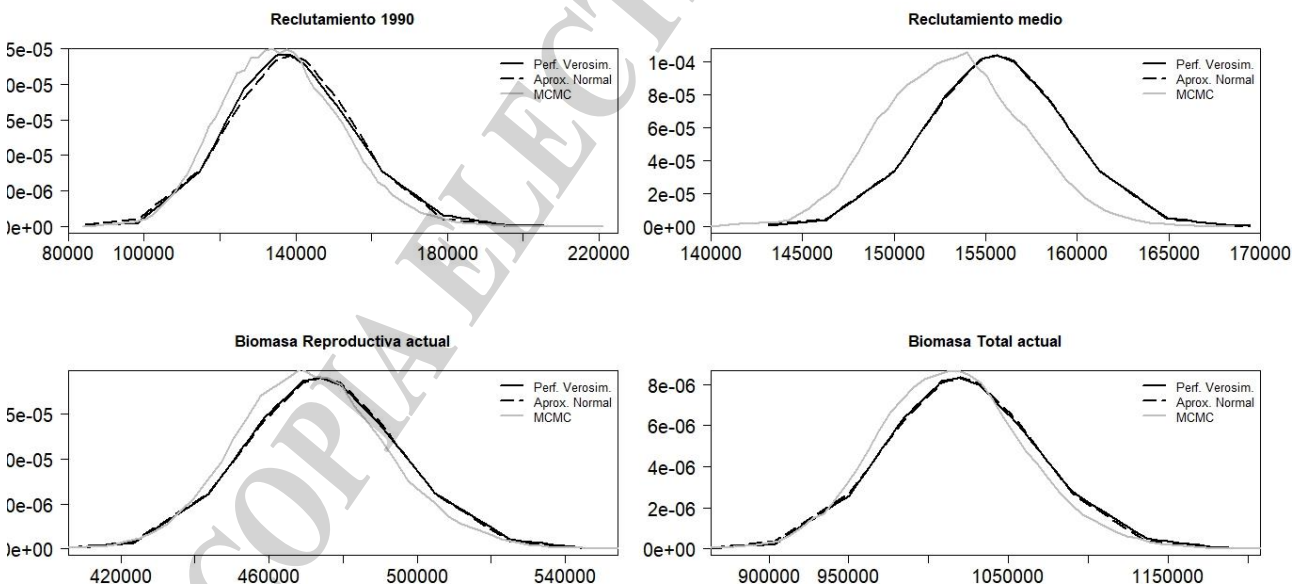


Figura 7. Perfil de verosimilitud (línea continua negra), aproximación normal (línea punteada negra) y cadenas de Markov (línea continua gris); efectuados por el ADMB con datos de la pesquería de anchoíta patagónica entre 1990 y 2021, y referidos a: reclutas en 1990, reclutamiento medio, biomasa reproductiva en diciembre del último año con pesca y biomasa total inicios del último año con pesca.

Los resultados de la evolución del *stock* patagónico de anchoíta obtenidos en este trabajo no distan demasiado de los reportados en evaluaciones previas, donde se ha destacado la baja explotación del efectivo frente al potencial del mismo (Buratti et al. 2016, 2020, 2021). Si bien los peces pelágicos pequeños se caracterizan por exhibir fluctuaciones de gran amplitud en su abundancia, las variaciones en la biomasa de este efectivo han sido moderadas en comparación con las observadas en el efectivo bonaerense (Orlando et al. 2022).

A partir del análisis de biomasa desovante por recluta, se estimó que, en ausencia de pesca, la biomasa de reproductores producida por cada recluta sería de 5,037 g. Considerando este valor y el del reclutamiento medio, se obtuvo una biomasa reproductiva en ausencia de pesca igual a 518.949 toneladas. El 66% de esta cantidad se alcanzaría aplicando una $F_{66} = 0,69$, y el 40% si se aumentara la tasa hasta $F_{40} = 2,3$. Considerando la biomasa reproductiva por recluta que sobreviviría con la tasa F_{66} , y asumiendo reclutamientos iguales a la media estimada por el modelo entre 2017 y 2021 (103.024 millones de ejemplares), una biomasa absoluta de reproductores $BR_{66} = 345.500$ t constituiría el Punto de Referencia Objetivo para el *stock*. En tanto, con dicho reclutamiento, la biomasa $BR_{40} = 207.700$ toneladas representarían el Punto de Referencia Límite. La estimación del modelo en diciembre de 2021 fue $BR = 471.000$ t, superior a ambos valores.

Si se aplicara una $F_{obj} = F_{66} = 0,69$, de acuerdo con la Regla de Control de Capturas, se pronosticaría un rendimiento de 169.000 toneladas durante el año 2022. Esa tasa cumpliría también con el requisito de no causar, en más del 10% de los casos la caída de biomasa reproductiva en diciembre de 2022 por debajo del nivel límite BR_{40} . Sin embargo, aplicando de forma constante en el futuro esta tasa $F_{66} = 0,69$ con el actual patrón de selección, la proporción de anchoítas juveniles aumentaría rápidamente, y superaría el 20% en el largo plazo (Riesgo $\cong 0,30$). La tasa $F = 0,30$, capaz de obtener una captura de 116.000 toneladas en el año 2022, sería la máxima asociada a un riesgo igual de 10% de que los desembarques en el largo plazo no incluyeran esos porcentajes de juveniles (Figura 8). Por lo tanto, se recomiendan 116.000 toneladas como Captura Biológicamente Aceptable para el año 2022.

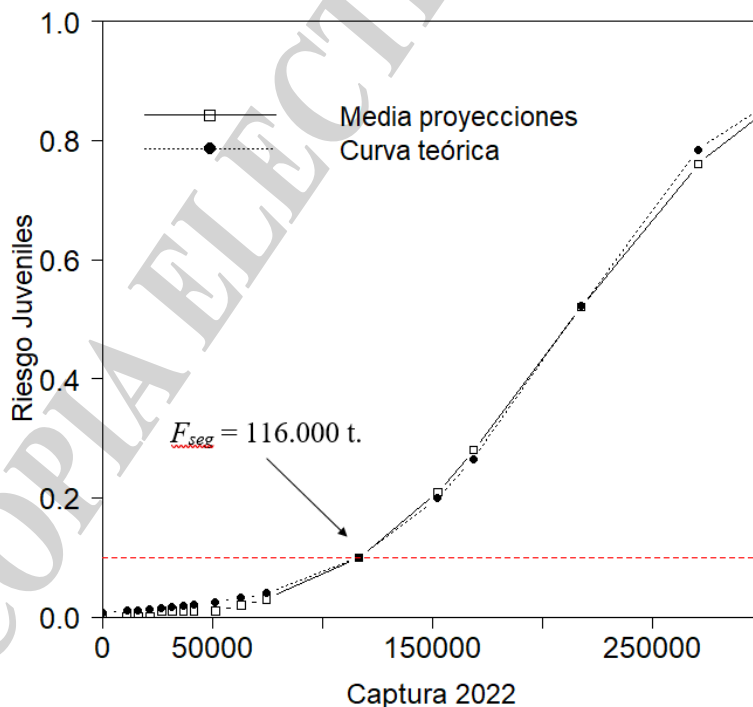


Figura 8. Curva de riesgo de que las capturas de largo plazo incluyan más de 20% de ejemplares juveniles. Se indica la Captura Biológicamente Aceptable para el año 2022 de acuerdo con el valor de F_{seg} .



La estimación de la mortalidad por pesca en el último año ($F_{2021} = 0,011$) destaca la baja explotación en la que se encuentra este *stock*, el cual nunca ha sido sometido a sobreexplotación ni a sobrepesca (Figura 9).

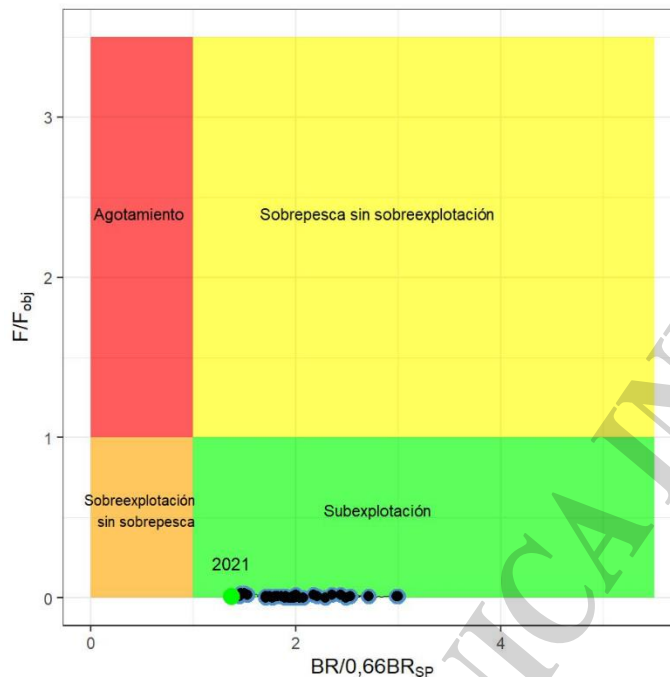


Figura 9. Diagrama de Kobe de las trayectorias de la biomasa reproductiva relativa a la biomasa reproductiva objetivo y de la mortalidad por pesca F relativa a la mortalidad por pesca objetivo.

Conclusiones

La explotación pesquera del efectivo patagónico se ha caracterizado tanto por su discontinuidad como por sus bajos niveles de extracción. En los últimos años, si bien los volúmenes de pesca son modestos, la industria del salado y la conservera han encontrado materia prima de excelente calidad en los meses de invierno a partir de la operatoria de buques costeros desde el puerto de Rawson.

El presente diagnóstico del estado poblacional del efectivo patagónico de anchoíta permite concluir que el mismo se encuentra explotado por debajo de su potencial y exhibe condiciones propicias para un mayor desarrollo de la actividad. Por lo tanto, se recomiendan 116.000 toneladas como Captura Biológicamente Aceptable para el año 2022.

Bibliografía

- Angelescu V. 1982. Ecología trófica de la anchoíta del Mar Argentino (Engraulidae, *Engraulis anchoita*). Parte II. Alimentación, comportamiento y relaciones tróficas en el ecosistema. Contrib Inst Nac Invest Desarr Pesq (Mar del Plata). N° 409, 83 pp.
- Buratti CC, Orlando P, Garcarena AD. 2016. Estado de la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al sur de 41°S y determinación de la captura biológicamente aceptable del año 2016. Inf. Téc. INIDEP N° 20. 22 p.
- Buratti CC, Orlando P, Cabreira AG, Garcarena AD. 2019. Estimación directa de la biomasa de anchoíta patagónica (*Engraulis anchoita*) durante diciembre del año 2018. Inf. Invest. INIDEP N° 85. 10 p.



- Buratti CC, Orlando P, Garciarena AD. 2020. Evaluación del *stock* patagónico de anchoíta y estimación de captura biológicamente aceptable durante el año 2020. INIDEP Informe Técnico Oficial N°26/2020, 21 pp.
- Buratti CC, Orlando P, Menna BV, Alvarez Colombo GL, Cabreira AG y Martos P. 2020. Biomasa de anchoíta patagónica (*Engraulis anchoita*) durante diciembre del año 2020. INIDEP Inf. Invest. N° 13, 13 pp.
- Buratti CC, Orlando P, Garciarena AD y Buratti GE. 2021. Diagnóstico de la población de anchoíta (*Engraulis anchoita*) al sur de 41°S, y estimación de capturas biológicamente aceptables durante el año 2021. INIDEP. Informe Técnico Oficial N°30/2021, 20 pp.
- Ciancio JE, Bartes S, Fernández S, Harillo C, Lancelotti J. 2020. Energy density predictors for Argentine Anchovy (*Engraulis anchoita*), a key species of the South Western Atlantic Ocean. Trans Am Fish Soc 149.
- Deriso, RB, Quinn, TJ, NEAL PR. 1985. Catch age analysis with auxiliary information. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42(4): 815 – 824.
- Garciarena AD, Orlando P, Buratti CC. 2020. Anchoíta Argentina: resultados de la temporada de pesca 2019 y estimación de algunos parámetros biológicos-pesqueros de interés. Inf Téc INIDEP N° 17/2020. 14 p.
- Garciarena AD, Orlando P, Buratti CC, Buratti GE. 2021. Resultados de la pesca de anchoíta por la flota comercial argentina durante 2020 y estimación de parámetros biológico-pesqueros de interés. Inf. Téc. Of. N° 21,14 pp.
- Garciarena AD, Buratti GE, Orlando P, Buratti CC, Escati Peñaloza G y Verón L. 2022. Anchoíta argentina: resultados de la pesca durante el año 2021 y estimación de algunos parámetros biológico-esqueros de interés. Inf. Téc. Of. N° 30, 17 pp.
- Gatica C, Arteaga M, Giacaman J, Ruiz P. 2007. Tendencias en la biomasa de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur de Chile, entre 1991 y 2005. Invest. Mar., Valparaíso, 35(1): 13-24.
- Goodyear CP. 1993. Spawning stock biomass per recruit in fisheries management: foundation and current use. In: S. J. Smith, J. J. Hunt and D. Rivard (ed.) Risk evaluation and biological reference point for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 67-81.
- Hansen JE. 2004. Anchoíta (*Engraulis anchoita*). Pp 101-115 en: R. P. Sánchez, S. I. Bezzi and E. E. Boschi (eds.). El mar Argentino y sus recursos pesqueros. Publicaciones especiales INIDEP, Mar del Plata. Argentina.
- Hansen JE. 2011. Parámetros biológicos relevantes para las pesquerías de anchoíta argentina (*Engraulis anchoita*). Estimaciones resultantes de reunir datos de campañas de investigación (1993 a 2008) y de muestras de capturas comerciales (1986 a 2009). INIDEP Inf Téc N° 82, 18 pp.
- Hansen JE, Buratti CC, Garciarena AD. 2012. Recomendación de capturas biológicamente aceptables de anchoíta patagónica durante el año 2012. Inf. Téc. INIDEP N° 15. 20 p.
- Hansen JE, Buratti CC, Garciarena AD. 2013. Recomendación de capturas biológicamente aceptables de anchoíta patagónica (*Engraulis anchoita*, 41° S-48° S) durante 2012. Inf. Téc. INIDEP N° 19. 22 p.
- Hansen JE, Buratti CC, Garciarena AD, P. Orlando. 2014. Determinación de la captura máxima de anchoíta patagónica recomendable en el año 2014, de acuerdo con la información biológico-pesquera disponible. Inf. Téc. INIDEP N° 08. 21 p.
- Hansen JE, Buratti CC, Garciarena AD, Orlando P. 2015. Ajuste de un modelo de producción con estructura de edades a datos sobre la población patagónica de anchoíta (41° - 48° S) y sugerencias acerca de la captura máxima del año 2015. Inf. Téc. INIDEP N° 08. 19 p.
- 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.



- Jarma D, Romero MA, García NA, González R, Dans S, Crespo EA. 2019. Small-scale variation in the diet of the South American Sea lion (*Otaria flavescens*) in northern Patagonia (Argentina). *Regional Studies in Marine Science* 28: 1-11.
- Koen Alonso M, Crespo EA, Pedraza SN, Garcia, NA Coscarella MA. 2000. Food habits of the South American sea lion, *Otaria flavescens*, off Patagonia, Argentina. NOAA's National Marine Fisheries Service. Scientific Publications Office; Fishery Bulletin; 98; 2; 12- 2000; 250-263.
- Koen Alonso M, Crespo EA, García NA, Pedraza SN, Mariotti PA, Berón Vera B, Mora N. J. 2001. Food habits of *Dipturus chilensis* (Pisces: Rajidae) off Patagonia, Argentina, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 58, Issue 1, 2001, Pages 288–297, <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.1010>
- Madirolas A, Cabreira AG, Hansen JE. 2013. Revisión y síntesis de las estimaciones acústicas de abundancia de anchoíta argentina (*Engraulis anchoita*) efectuadas entre los años 1993 y 2008. *Revista INIDEP* N° 23: 35-48.
- Maunder MN, Deriso RB. 2003. Estimation of recruitment in catch-at-age models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60: 1204-1216.
- Mertz G, Myers RA. 1996. An extended cohort analysis: incorporating the effect of seasonal catches. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53, 159-163.
- Orlando P, Buratti CC y Garcarena AD. 2022. Dinámica poblacional de la anchoíta bonaerense entre 1990 y 2021. Recomendación de captura en el año 2022. *Inf. Tec. Oficial INIDEP* N° 049/22, 24 pp.
- Scolaro JA, Wilson RP, Laurenti S, Kierspel M, Gallelli H, Upton J. 1999. Feeding preferences of the Magellanic Penguin over its breeding range in Argentina. *Waterbirds* 22: 104- 110.

COPIA ELECTRÓNICA