



INIDEP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO PESQUERO

INFORME TÉCNICO OFICIAL

Número 103114	Páginas 026	Dirección DIRECCIÓN DE PESQUERIAS DEMERSALES
Fecha de aprobación 09 DIC 2013		Programa / Gabinete Pesquerías de Peces Demersales, Australes y Subantárticos
		Actividad AUST 28. Estimación de capturas máximas aceptables de merluza negra desde el punto de vista biológico y de otras medidas de manejo del recurso para el año 2013.

ESTIMACIÓN DE LA ABUNDANCIA Y EL POTENCIAL PESQUERO DE LA MERLUZA NEGRA (*Dissostichus eleginoides*) DEL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL. PERIODO 1986-2012. RECOMENDACIÓN DE LA CAPTURA BIOLÓGICAMENTE ACEPTABLE PARA EL AÑO 2014.

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

PREPARADO POR

APROBADO POR

Firma:
Nombre: ALEJANDRA

Firma:
Nombre: LIC. PATRICIA A. MARTÍNEZ
Lic. Patricia A. Martínez
A/C Dirección
Pesquerías Demersales

Nombre: CRISTIAN

Dr. OTTO C. WOHLER
DIRECTOR
Dirección Nacional de Investigación
INIDEP

Jefe de Programa / Gabinete

Firma:
Lic. Patricia A. Martínez
A/C Dirección
Pesquerías Demersales

Lic. PATRICIA A. MARTÍNEZ
A/C Dirección
Pesquerías Demersales
Director Nacional de Investigación

Dr. OTTO C. WOHLER
DIRECTOR
Dirección Nacional de Investigación
INIDEP
Director del INIDEP



ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA Y EL POTENCIAL PESQUERO DE LA MERLUZA NEGRA (*Dissostichus eleginoides*) DEL ATLANTICO SUDOCCIDENTAL. PERIODO 1986-2012.

RECOMENDACIÓN DE LA CAPTURA BIOLÓGICAMENTE ACEPTABLE PARA EL AÑO 2014

Por

Patricia A. Martínez y Otto C. Wöhler
Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

Resumen Ejecutivo

La pesquería argentina de merluza negra se desarrolla con dos tipos diferentes de arte de pesca, palangre y arrastre. Adquirió importancia a comienzo de los 90 y pronto se produjo un rápido crecimiento y expansión del área de operación de ambas flotas. Esto originó una situación de sobreexplotación del recurso, la cual fue advertida por el INIDEP (Wöhler *et al.*, 2001; Wöhler & Martínez, 2002) y motivó la recomendación de diversas medidas de manejo tendientes a la sustentabilidad del recurso y de la pesquería. Es así que desde hace una década se viene implementando una serie de medidas de ordenamiento que tuvieron implicancia directa en la situación más favorable que presenta el efectivo actualmente. El establecimiento del régimen de Cuotas Individuales y Transferibles de Captura (CITC) para la especie a partir del 2010 (Resolución CFP 21/09) contribuyó en el sentido de otorgarle mayor previsibilidad al manejo de la misma.

En este trabajo se analizaron y estandarizaron los datos disponibles de captura por unidad de esfuerzo de las embarcaciones equipadas con palangre correspondientes al período 1994-2012 para ser utilizados como índice representativo de la abundancia. Se aplicó un modelo de producción de biomasa estructurado por edades (ASPM), con la finalidad de actualizar el conocimiento acerca del estado de explotación del recurso y se proyectaron los rendimientos futuros para estimar las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) para el año 2014.

Tal como se viene realizando en estudios anteriores se dividió la serie de valores de CPUE estandarizadas en dos períodos (1993- 2006 y 2007- 2012), que fueron incorporados como dos índices diferentes a los efectos del ajuste del modelo con distintos coeficientes de capturabilidad. La elección de los períodos obedeció principalmente a la modificación en la operatoria de la flota debida a las medidas de manejo implementadas. También, tal como se hizo el año pasado, se removieron del análisis los datos procedentes de la flota que utilizó “cachaloterías” durante el 2012. Este dispositivo fue diseñado para mitigar la interacción con los mamíferos marinos y se ha constatado que los mismos, por sus características operativas, resultan más eficientes para la captura de la merluza negra (Quiroz, J.C, coms.pers.)

El modelo presentó un aceptable ajuste a los índices de abundancia empleados. Durante los últimos seis años analizados se observó una cierta estabilidad en los valores de rendimiento promedio. También resultó aceptable el ajuste a los índices que aportan información acerca del estado de la estructura de edades de la especie en las capturas.

La evolución de la biomasa total y de reproductores durante el período 1986- 2012, revela que durante la última década ambas se encontrarían en una situación de cierta estabilidad. La biomasa total (BT), a inicios del año 1986, se estimó cercana a las 153 mil toneladas y la biomasa reproductiva (BR) en 124 mil. Ambas habrían disminuido a comienzos del 2012 a unas 48 mil y 41 mil toneladas respectivamente. La biomasa reproductiva actual se encontraría en el 33% respecto de aquella existente en el inicio de la explotación, valor algo superior al registrado en la última evaluación del efectivo (31%).

La aparente disminución en los reclutamientos observada durante los últimos diez años, muy probablemente se deba a que la única información acerca de la composición demográfica del efectivo proviene de las distribuciones de frecuencias de tallas que realizan los observadores a

bordo de las embarcaciones con CITC de la especie, quienes realizan operaciones a más de 800 metros capturando pocos juveniles. La falta de información poblacional, como la que provendría de las campañas de investigación, resulta en que el modelo reaccione simulando una situación en la cual los reclutamientos son extremadamente bajos, escenario que muy posiblemente no sea el real.

Sobre la base de los resultados de este análisis puede concluirse que la pesquería de merluza negra que se desarrolla en el Mar Argentino continúa presentando una situación favorable y con tendencia estable, si consideramos los rendimientos y las trayectorias de las biomásas total y reproductiva que surgen de la aplicación del modelo (Martínez & Wöhler, 2005 - 2012). Sin embargo, debe obrarse con prudencia en el establecimiento de las capturas máximas debido a que esta situación podría ser resultado por un lado de la concentración de la información biológico- pesquera en áreas con altos rendimientos halladas por las embarcaciones más eficientes que operan en la pesquería y una real mejora en la condición del estado del efectivo.

Se consideraron distintos objetivos de manejo evaluados mediante análisis de riesgo para la estimación de las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA), y se aplicó un patrón de selección similar al que habría actuado en la pesquería durante 2012, considerando la captura obtenida en 2013. Las CBA's para el año 2014 correspondieron a 3.951, 5.489 y 4.513 toneladas, según los objetivos de mantener a la biomasa de reproductores en el largo plazo por encima del 30% (Objetivo I) o del 20% (Objetivo II) de aquella presente a los inicios de la explotación, o manteniendo en igual período el nivel actual de la fracción adulta de la población (Objetivo III).

Objetivo	f arrastre	f palangre	CBA 2014
$BRLP > 0,3 BRV$	0,04	0,06	3.951
$BRLP > 0,2 BRV$	0,06	0,09	5.489
$BRLP = BR 2012$	0,09	0,07	4.513

Bajo estas estrategias de explotación se pronostica en el largo plazo una recuperación para la biomasa total del 45%, 33% y 36%, para los tres objetivos planteados, respectivamente. En relación a la evolución de la biomasa de reproductores, se pronostica para cada uno de los objetivos una recuperación de la biomasa reproductiva del 21%, 6% y 11%.

En función de estos resultados, se sugiere establecer una cifra de CTP para el año 2014 del orden de las 3.950 toneladas. Esta cifra, que no difiere significativamente de la CBA estimada para el 2013 (3.500 t), surge de considerar el punto de referencia límite del 30% respecto de la BRV.

Finalmente, se recomienda mantener la estrategia de administración establecida y se reitera la necesidad de incrementar los conocimientos acerca de la características reproductivas, tróficas y migratorias de la especie, como así también la de analizar la existencia de uno o más *stocks* en el Atlántico Sudoccidental. En ese sentido se recomienda continuar con el intercambio de conocimientos sobre la especie con investigadores de Chile, iniciado en a mediados de este año. Para el 2014 se han programado numerosas actividades conjuntas y la realización de un taller en el INIDEP para analizar los resultados de los Programas de Marcado en Merluza Negra que vienen ejecutando ambos países.

1. INTRODUCCIÓN

La estimación anual de la abundancia y del potencial pesquero del efectivo de merluza negra en el Atlántico Sudoccidental es una actividad que se viene realizando en el INIDEP desde el 2004 (Wöhler *et al.*, 2004 a-b, Wöhler & Martínez, 2005, 2006, Martínez & Wöhler, 2007- 2011).

En este informe se analizan y estandarizan los datos disponibles de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las embarcaciones con palangre correspondientes al período 1993-2012, y se actualizan las estimaciones de la abundancia total del stock de merluza negra del Atlántico Sudoccidental. Como en estudios anteriores, se aplica un modelo de producción de biomasa estructurado por edades (ASPM) y se realizan proyecciones de los rendimientos futuros con el objeto de estimar Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) para el año 2014, bajo diferentes objetivos de manejo, analizando el riesgo biológico asociado a cada estrategia de explotación.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Información básica utilizada

- Capturas anuales nominales de merluza negra entre los años 1986 y 2012 (Tabla 1), discriminadas por su origen: flota de arrastreros argentinos y de palangreros nacionales y de otros países.
- una estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural ($M=0,17$) para toda edad y año, similar a la utilizada en evaluaciones previas;
- parámetros de crecimiento individual de von Bertalanffy (1937), calculados para la merluza negra del Atlántico Sudoccidental (Cassia, 2006) y de la relación largo-peso (Tabla 2);
- la matriz de pesos medios por edad en el stock y en las capturas, estimados al día 1° de enero, y a mediados de cada año (Tabla 3);
- las proporciones de individuos maduros por grupo de edad (Tabla 3), derivadas de los valores indicados por Prenski y Almeyda (2000).

2.2. Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE).

Se actualizó la serie anual de CPUE, expresada como kilogramos de merluza negra por operación de pesca incorporando la información de los buques palangreros entre los años 1994 y 2012. Tal como se ha observado el año anterior, las operaciones de pesca realizadas con “cachaloterías” revelaron mejores rendimientos que las obtenidas con el palangre tradicional, por lo que fueron separadas de la base de datos utilizada en el análisis. Los registros individuales de CPUE por cada viaje de pesca fueron introducidos en un Modelo Lineal General (GLM) con el objeto de obtener un valor medio estandarizado del efecto “Año” (Wöhler *et al.*; 2002, 2004, Wöhler & Martínez, 2005, Martínez & Wöhler, 2006, 2007, 2008, 2010, Martínez *et al.*, 2012).

El modelo se planteó de la siguiente forma:

$$\ln(\text{CPUE}) = \mu + \text{Año} + \text{Área} + \text{Barco} + \text{Semestre} + \text{Año} \times \text{Área} + \text{Año} \times \text{Semestre} + \text{Barco} \times \text{Área} + \beta$$

Las medias anuales de $\ln(\text{CPUE})$ y los límites de sus respectivos intervalos de confianza, estimados por el modelo mediante el método de mínimos cuadrados, se expresaron en términos de la variable original (CPUE_y) aplicando la transformación logarítmica:

$$\text{CPUE}_y = \text{EXP}(\ln \text{CPUE}_y) \quad \text{para } y = 1994, 1995, \dots, 2012$$

2.3. Modelo de producción de biomasa estructurado por edades (ASPM).

Tal como se viene realizando desde el año 2004, se utilizó un modelo de producción estructurado por edades (ASPM) para estimar la abundancia poblacional de la merluza negra del Atlántico Sudoccidental. El proceso consiste básicamente en construir un modelo determinístico y ajustarlo a los datos de abundancia de la población disponibles maximizando una función de verosimilitud. (Deriso *et al.*, 1985; Hilborn, 1990; Butterworth y Punt, 1992; Francis, 1992; Punt, 1994; Punt y Japp, 1994; Punt *et al.* 1995; Wöhler *et al.*, 2004 a-b; Wöhler & Martínez, 2005; Martínez & Wöhler, 2006 -2012).

Los números de ejemplares por edad en la población fueron estimados como:

$$N_{t,y} = \frac{BR_{y-1}}{\alpha + \beta BR_{y-1}} e^{(\varepsilon_y)} \quad \text{para } t = 1$$

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{(-M - f^a_{y-1} S^a_{t-1,y-1} - f^p_{y-1} S^p_{t-1,y-1})} \quad \text{para } t = 2, 3, \dots, 29$$

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{(-M - f^a_{y-1} S^a_{t-1,y-1} - f^p_{y-1} S^p_{t-1,y-1})} + N_{t,y-1} e^{(-M - f^a_{y-1} S^a_{t,y-1} - f^p_{y-1} S^p_{t,y-1})} \quad \text{para } t = 30+ \text{ (edad treinta y mayores)}$$

siendo:

$N_{t,y}$ el número de ejemplares de edad t al comienzo del año y ;

BR_{y-1} la biomasa de reproductores a inicios del año anterior;

α y β parámetros de la función stock-reclutamiento de Beverton y Holt (1957), sujeta cada año a un error ε_y que se permitió variar entre $-1,61$, representando $\exp(\varepsilon_y)$ la quinta parte del reclutamiento teórico, y $+1,61$ (cinco veces el valor teórico);

f^a_{y-1} el factor proporcional a la tasa de mortalidad por pesca que el modelo estima aplicado por la flota de arrastre el año anterior (f^p_{y-1} corresponde a la flota palangrera);

$S^a_{t,y}$ y $S^p_{t,y}$ los factores de selección correspondientes a esa edad y año (para cada arte de pesca considerado); y

M la mortalidad natural.

La biomasa total (B_y) y la de reproductores (BR_y), ambas al comienzo del año, y la biomasa explotable tomada a mediados del mismo (BE^p_y) se estimaron de la siguiente forma:

$$B_y = \sum_{t=1}^{30+} (W_{t,y} N_{t,y})$$

$$BR_y = \sum_{t=1}^{30+} (W_{t,y} N_{t,y} P_{m,t,y})$$

$$BE^p_y = \sum_{t=1}^{30+} (W_{t,y}^1 S^p_{t,y} N_{t,y} \exp((-M - f^p_y S^p_{t,y} - f^a_y S^a_{t,y}) * 0,50))$$

donde $W_{t,y}$ y $W_{t,y}^1$ expresan los pesos medios de la edad t al comienzo y mediados del año, respectivamente, siendo $Pm_{t,y}$ la proporción de ejemplares adultos por edad.

Se asumió que existía una situación de equilibrio del recurso en ausencia de pesca (año 1986), y que los datos de captura en peso provenientes de cada flota (arrastre y palangre) son exactos, pudiéndose aproximarlos mediante las expresiones:

$$\hat{C}_y^a = \sum_{t=1} \left[W_{t,y}^1 f_y^a S_{t,y}^a N_{t,y} \left(\frac{1 - e^{-(f_y^a S_{t,y}^a + f_y^p S_{t,y}^p + M)}}{f_y^a S_{t,y}^a + f_y^p S_{t,y}^p + M} \right) \right]$$

$$\hat{C}_y^p = \sum_{t=1} \left[W_{t,y}^1 f_y^p S_{t,y}^p N_{t,y} \left(\frac{1 - e^{-(f_y^a S_{t,y}^a + f_y^p S_{t,y}^p + M)}}{f_y^a S_{t,y}^a + f_y^p S_{t,y}^p + M} \right) \right]$$

Los patrones de selección fueron modelados de acuerdo a una función dependiente de la edad y del arte de pesca empleado. Los mismos se estimaron de la siguiente forma:

$$S_{t,y}^a = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-c(a-a_{50})}} & a \leq a_c \\ \frac{1}{1 + e^{-c(a-a_{50})}} (\nu + e^{-c_1(a-a_c)}) & a > a_c \end{cases}$$

siendo $S_{t,y}^a$ el factor de selección, en este caso para la flota arrastrera, por grupo de edad, y donde a_{50} , δ , a_c , ω y ν son parámetros ajustados en el modelo. El parámetro ν representa un valor asintótico que participa sólo en la función que modela los patrones de selección de la flota con palangre. Para los arrastreros se consideraron los siguientes períodos: 1986-1997, 1998-2002, 2003-2006 y 2007-2012, mientras que para los palangreros fueron los siguientes: 1986-2002, 2003-2006 y 2007-2012 (Tabla 8 y 9).

2.4. Ajuste del modelo a los índices

2.4.1. CPUE

En la calibración del modelo se utilizó a la serie anual de CPUE de la flota palangrera como indicador de abundancia relativa del stock de merluza negra del Atlántico Sudoccidental. Se asumió una relación lineal entre el valor del índice y el estimado del modelo, considerándose un error de distribución log-normal para la serie de CPUE.

Para el ajuste se consideraron dos períodos diferentes, uno que abarcó los años 1993-2004 y el otro entre los años 2005 y 2012.

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

Se consideró $\hat{I}_y^i$ como proporcional a la biomasa explotable estimada por el modelo para la mencionada flota a mediados del año y , siendo calculado como:

$$\hat{I}_y^i = \hat{q}_y^i BE_y^P \quad y = 1993, 1995, \dots 2004$$

$$\hat{I}_z^i = \hat{q}_z^i BE_z^P \quad z = 2005, 2006, \dots 2012$$

Los coeficientes de proporcionalidad (q) fueron calculados analíticamente según Polachek *et al.* (1993):

$$q_y = \exp \left(\frac{1}{n} \sum_{y=1}^n \ln (I_y^1 / BE_y^P) \right) \quad y = 1993, 1995, \dots 2004$$

$$q_z = \exp \left(\frac{1}{n} \sum_{y=1}^n \ln (I_z^1 / BE_z^P) \right) \quad z = 2005, 2006, \dots 2012$$

donde n es el número de años con valores disponibles del índice de abundancia (CPUE).

2.4.2. Estructura de tallas

Las estructuras de tallas en las capturas de la flota arrastrera durante los años 1997, 2000, 2003-2012, y las correspondientes a las embarcaciones palangreras durante los años 2000, 2003-2012, fueron ponderadas a la captura anual de cada año y flota respectiva. Posteriormente, fueron transformadas a edades utilizando los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy y utilizadas como indicadores de la estructura de edades de la población (Tabla 4).

2.4.3. Capturas por flota

Cuando $I_{t,y}^i$ indicó captura por grupo de edad de la flota arrastrera, $\hat{I}_{t,y}^i$ resultó proporcional a la captura por edad estimada por el modelo para esa flota:

$$\hat{I}_{t,y}^i = N_{t,y} f_y^a S_{t,y}^a / [M + f_y^P S_{t,y}^P + f_y^a S_{t,y}^a] (1 - e^{(-M - f_y^P S_{t,y}^P - f_y^a S_{t,y}^a)})$$

En el caso en que $I_{t,y}^i$ correspondió a captura por grupo de edad de la flota palangrera, $\hat{I}_{t,y}^i$ resultó proporcional a la captura por edad estimada por el modelo para esa flota:

$$\hat{I}_{t,y}^i = N_{t,y} f_y^P S_{t,y}^P / [M + f_y^P S_{t,y}^P + f_y^a S_{t,y}^a] (1 - e^{(-M - f_y^P S_{t,y}^P - f_y^a S_{t,y}^a)})$$

2.5. Función de verosimilitud

Cada índice fue ajustado minimizando el logaritmo natural negativo de la función de máxima verosimilitud (L^i):

Indice 1: (CPUE)

Se ponderó cada valor de CPUE anual relacionado su peso específico con la inversa de su varianza anual estimada. Para ello se incorporó el parámetro (σ_{add}) a la función de verosimilitud de este índice, en los dos períodos de CPUE considerados, de la siguiente manera:

$$-\ln L_y^i = \left(\frac{1}{2(\hat{\sigma}_y^i)^2 + \hat{\sigma}_{yadd}^2} \sum (\ln(\hat{I}_y^i) - \ln(I_y^i))^2 + n^i (\ln(\sqrt{(\hat{\sigma}_y^i)^2 + \hat{\sigma}_{yadd}^2})) \right) y = 1993, 1995, \dots 2006$$

$$-\ln L_z^i = \left(\frac{1}{2(\hat{\sigma}_z^i)^2 + \hat{\sigma}_{zadd}^2} \sum (\ln(\hat{I}_z^i) - \ln(I_z^i))^2 + n^i (\ln(\sqrt{(\hat{\sigma}_z^i)^2 + \hat{\sigma}_{zadd}^2})) \right) z = 2007, 2008, \dots 2012$$

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

$$\hat{\sigma}_y^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum_y (\ln(\hat{I}_y^i) - \ln(I_y^i))^2}; y = 1993, 1995, \dots 2006$$

$$\hat{\sigma}_z^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum_z (\ln(\hat{I}_z^i) - \ln(I_z^i))^2} z = 2007, 2008, \dots 2012$$

Indices 2: Estructuras de tallas:

$$-\ln L = W \sum_{y,l} \left\{ \ln \left[\hat{\sigma} / \sqrt{\hat{P}_{y,l}} \right] + (\hat{P}_{y,l} / (2\hat{\sigma}^2)) (\ln \hat{P}_{y,l} - \ln P_{y,l})^2 \right\}$$

donde $P_{y,l}$ es la proporción observada de captura por clase de talla l en el año t

$$\hat{\sigma} = \left[\sum_{y,l} \hat{P}_{y,l} (\ln \hat{P}_{y,l} - \ln P_{y,l})^2 \right] / \sum_{y,l} 1$$

En la función a minimizar, además de los índices indicados, se incorporó el ajuste por máxima verosimilitud de las capturas anuales estimadas respecto de aquellas observadas para cada flota, de acuerdo a las expresiones:

$$-\ln L^i = \left(\frac{1}{2(\hat{\sigma}^i)^2} \sum (\hat{C}_y^p - C_y^p)^2 + n^i \ln \hat{\sigma}^i + n^i \ln \sqrt{2\pi} \right)$$

para la flota palangrera, siendo la desviación estándar residual $\hat{\sigma}^i$ estimada de acuerdo a:

$$\hat{\sigma}^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum_y (\hat{C}_y^p - C_y^p)^2};$$

donde C_y^p representa la captura observada de la flota palangrera; y

$$-\ln L^i = \left(\frac{1}{2(\hat{\sigma}^i)^2} \sum_y (\hat{C}_y^a - C_y^a)^2 + n^i \ln \hat{\sigma}^i + n^i \ln \sqrt{2\pi} \right) \quad \text{para la flota arrastrera,}$$

definiéndose en este caso la desviación estándar residual como:

$$\hat{\sigma}^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum_y (\hat{C}_y^a - C_y^a)^2};$$

siendo C_y^a la captura observada de la flota arrastrera.

Finalmente, la función a minimizar (λ) incorporó las funciones de verosimilitud de cada índice y aquellas derivadas del ajuste de las capturas. La expresión final fue:

$$\lambda = \sum_{i=1}^q -\ln L^i$$

En el proceso de calibración participan la biomasa inicial (B_{1986}), los vectores de factores proporcionales a la mortalidad por pesca (f) de las embarcaciones palangreras y arrastreras, el parámetro h , que define los coeficientes α y β de la relación stock-recluta de Beverton y Holt (1957), y el error anual sobre dicha relación.

El parámetro h indica la inclinación de la curva stock-recluta y es la fracción del reclutamiento esperada, en el equilibrio, cuando la biomasa reproductiva es reducida a un 20% de su valor inicial (Francis, 1992). Los coeficientes α y β de la relación stock-recluta fueron estimados bajo el supuesto de equilibrio de la estructura de edades durante el primer año del análisis (1986), de la siguiente manera (Francis, 1992; Punt y Japp, 1994):

$$\alpha = BR_{1986} (1 - h) / (4 h N_{1,1986})$$

$$\beta = (5 h - 1) / (4 h N_{1,1986})$$

siendo BR_{1986} la biomasa reproductiva virgen y $N_{1,1986}$ el reclutamiento en la fase previa a la explotación, que puede calcularse en función de la biomasa total virgen (B_{1986}):

$$N_{1,1986} = B_{1986} / \left(\sum_{t=1}^{30} n_t w_t \right)$$

donde :

$$n_t = \begin{cases} 1 & t = 1 \\ n_{t-1} * \exp(-M) & 2 \leq t < 30 \\ n_{t-1} * \exp(-M) / (1 - \exp(-M)) & t = 30 \end{cases}$$

En el proceso de calibración también están incorporados el parámetro σ_{add} , producto de ponderar a cada uno de los valores de la serie de CPUE de acuerdo a la varianza estimada y los parámetros correspondientes a los patrones de selección de cada flota en los diferentes períodos en que intervienen en la pesquería.

2.6. Objetivos de manejo y puntos biológicos de referencia

Las proyecciones de la evolución futura de la abundancia y los rendimientos fueron realizadas bajo tres posibles objetivos de manejo en el largo plazo, los que fueron similares a los utilizados para merluza negra en evaluaciones anteriores (Wöhler *et al.*, 2004 a-b, Wöhler & Martínez, 2005, 2006, Martínez & Wöhler, 2007, 2008, 2012), y en otras pesquerías demersales australes del Mar Argentino (Wöhler y Hansen, 2003 a-b; Wöhler *et al.*, 2002 b-c).

- I.- Límite aceptable de la abundancia de reproductores fijado en el 30% de la biomasa reproductiva existente a los inicios de la explotación o biomasa reproductiva virgen (BRV).
- II.- Límite aceptable de la abundancia de reproductores fijado en el 20% de la biomasa reproductiva virgen. Dicho objetivo resulta menos conservativo que el anterior, y por lo tanto suele ser considerado como un punto de referencia límite para el manejo de pesquerías de recursos con una capacidad de respuesta promedio a la explotación. Sin embargo, es usualmente considerado para el manejo de pesquerías de merluza negra en el área de la Comisión para la Conservación de los recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) (Constable *et al.*, 2003).
- III.- Mantenimiento en el largo plazo de una biomasa de la fracción adulta de la población equivalente al nivel estimado a inicios de 2011. Este objetivo tiende a detener la tendencia declinante observada en el recurso, pero no implica recuperación de la BR en el largo plazo.

Con el objeto de considerar la sustentabilidad de dichas estrategias de explotación se simuló distintos niveles de extracción (expresados como valores de f proporcionales a la tasa de mortalidad por pesca) al efectivo de merluza negra. De este modo, se estima la F que permitiría, en el largo plazo, mantener a la población en niveles en los cuales el riesgo de no alcanzar dichos objetivos sea inferior al 10%. Para el caso del objetivo III, se ha considerado una probabilidad (riesgo) del 50% como nivel de referencia. Las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) para el año 2014 surgen de aplicar un valor de f correspondiente a cada objetivo de manejo en el inicio de dicho año.

2.7. Proyecciones de la abundancia y análisis de riesgo.

Con el objeto de proyectar el estado de la población y medir la probabilidad de alcanzar los objetivos de manejo se realizaron simulaciones partiendo del estado del efectivo a comienzos del año 2013, considerando los patrones de selección de arrastre y palangre resultantes del ajuste del modelo, respetando la proporcionalidad de las f de cada flota para ese año y considerando la captura obtenida hasta el mes de octubre del 2013.

Las ecuaciones empleadas se indican a continuación:

El número de ejemplares por edad en la población al comienzo de cada año se estimó como:

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{-(fa Sa_t + fp Sp_t + M)}$$

donde $N_{t-1,y-1}$ es la numerosidad del grupo de edad anterior, al comienzo del año previo, y Sa_t y Sp_t representan la selección para cada clase de edad t aplicada por las flotas de arrastre y palangre, fa y fp indican los factores proporcionales de las tasas anuales de mortalidad por pesca de cada flota, y M es la tasa anual instantánea de mortalidad natural.

Se calcularon los valores anuales de biomasa total, de la fracción de reproductores, y de las capturas proyectadas bajo las distintas estrategias de explotación, de la forma siguiente:

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):

$$BR_y = \sum_y \left(W_{t,y}^j N_{t,y} P_t e^{-((fa Sa_t + fp Sp_t + M)D)} \right)$$

Siendo $W_{t,y}$ y $W_{t,y}^j$ los pesos medios por edad a inicios y mediados de año, P_t la proporción de individuos maduros por clase de edad y D la proporción de la mortalidad natural y por pesca pre-reproductiva, en este caso igual a 0,75.

Captura por arrastre:

$$Ca_y = \sum_y \left[W_{t,y}^j N_{t,y} \frac{f_a S_{a_t}}{(fa Sa_t + fp Sp_t + M)} \left(1 - e^{-(fa Sa_t + fp Sp_t + M)} \right) \right]$$

Captura con palangre:

$$Cp_y = \sum_y \left[W_{t,y}^j N_{t,y} \frac{f_p S_{p_t}}{(fa Sa_t + fp Sp_t + M)} \left(1 - e^{-(fa Sa_t + fp Sp_t + M)} \right) \right]$$

La captura total se estimó como la suma de las capturas de ambas flotas.

Los reclutamientos se generaron al azar en cada simulación, bajo el supuesto de una distribución log-normal, asumiendo un valor medio y un rango máximo de variación que surgió del modelo. El valor medio de dicha distribución se estimó como:

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

donde $\bar{R}$ representa el valor promedio surgido del análisis mencionado, y

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

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

Se realizaron 250 simulaciones proyectando la estrategia de explotación por 38 años a partir de 2013. Se asumió que en el futuro se mantendría la misma proporcionalidad a la observada en dicho año, entre las capturas de ambas flotas. Se consideraron los valores totales de captura reportados hasta octubre del 2013, obteniéndose las medias aritméticas y los desvíos estándares de la biomasa total, de reproductores y de las capturas, en cada año.

Se introdujo incertidumbre en la estimación de la biomasa total a comienzos de 2013 y en la magnitud de los reclutamientos. Los valores de biomasa inicial se generaron al azar, bajo el supuesto de una distribución normal con su correspondiente valor medio (B_{2012}) y desvío estándar



(Tabla 3). Se consideró como riesgo a la probabilidad de no alcanzar los objetivos previamente definidos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estimación de las series de CPUE estandarizadas de los buques palangreros

La utilización de la series de CPUE's estandarizadas de los buques palangreros como índices de abundancia relativa de la merluza negra del Atlántico Sudoccidental, en diversos estudios previos, han demostrando que dicha variable resulta ser un indicador apropiado de la abundancia (Wöhler *et al*, 2004 a y b; Wöhler & Martínez, 2005, Martínez & Wöhler 2006, 2007, 2008, 2012). Su utilización se ha fundamentado en que, desde los comienzos, la pesca con palangre puede ser considerada como una pesca dirigida efectivamente hacia la especie y en que el área de operación de esa flota se extiende ampliamente, involucrando casi la totalidad del área de distribución del recurso. La elección de las unidades (kg de merluza negra por número de operaciones), en cambio, fue una consecuencia directa de la ausencia de datos más detallados en los partes de pesca como, por ejemplo, los correspondientes al número de anzuelos y el tiempo de calado del arte de pesca, los que posiblemente hubiesen permitido calcular más adecuadamente el esfuerzo efectivo de pesca. Recientes análisis acerca de la CPUE de merluza negra, permitieron comparar la evolución del índice estimado como kg de merluza negra por número de operaciones con el estimado como kg por cantidad de anzuelos por hora (Martínez *et al.*, 2011). Del mismo surge como conclusión que ambos índices tienen un comportamiento similar. Sin embargo, la existencia de dos situaciones particulares ha dificultado la utilización de la información derivada de esta flota como índice de la abundancia. Una de ellas es como consecuencia del incremento ocurrido en los últimos años del uso del dispositivo conocido vulgarmente como "cachaloterías" diseñado para mitigar la interacción con los mamíferos marinos (especialmente los cachalotes). El mismo consta, básicamente, de un manojo de anzuelos que son cubiertos por una red con el objeto de proteger la captura de los mamíferos al momento de ser izados a bordo. Este dispositivo demostró ser efectivo no sólo para disminuir la pérdida de captura por parte de esos mamíferos marinos, sino también que, al ser un manojo de anzuelos, impactó en la eficiencia del arte de pesca aumentando los rendimientos. Debido a ello y, con la finalidad de no confundir este efecto como un incremento en la biomasa, se procedió a separar del análisis a los datos procedentes de operaciones realizadas con cachaloterías.

Otra situación se relaciona con los cambios registrados en la modalidad de manejo de la pesquería, particularmente desde el año 2005, (Martínez & Wöhler, 2005, 2006, Wöhler & Martínez, 2005). En tal sentido se actualizó la serie estandarizada de CPUE procedente de los buques palangreros incorporando los datos del año 2012 y se dividió la serie estandarizada de CPUE en dos períodos diferentes, 1994-2006 y 2007-2012, con coeficiente de capturabilidad distintos.

En las Tablas 5 y 6 se resumen los resultados del test de suma de cuadrados y el análisis de las varianzas resultantes de la aplicación del modelo lineal generalizado (GLM), mientras que en la Tabla 7 se presentan las medias anuales estandarizadas de CPUE (kg por operación de pesca) para el período 1993-2012.

Los resultados demuestran que en los primeros años de explotación se registraron altos rendimientos que se corresponden a una situación propia de los inicios de una pesquería. Luego se observa una paulatina disminución de los valores de CPUE y, a partir del 2007 se evidencia una tendencia ascendente y una relativa estabilidad que se mantiene hasta el último año del análisis.

3.2 Estimaciones de abundancia

El modelo presentó un aceptable ajuste en los dos períodos en que fue dividido el índice de abundancia empleado (Figura 1). Las capturas teóricas, tanto las de arrastre como las de palangre, se ajustaron a las observadas sin error, de acuerdo con la formulación del modelo

(Figura 3). Respecto a los índices que aportan información acerca del estado de la estructura de edades de las capturas (índice 3 al 25) (Figura 2), si bien el ajuste fue bueno en la mayoría del período, en algunos de los casos, particularmente en el último año, no se alcanzó el ajuste deseado. Esta situación probablemente sea una consecuencia directa de haber disminuido la cantidad de períodos de selección considerados en el modelo. Esta modificación, respecto a los análisis de años anteriores, se introdujo con la finalidad de no otorgar demasiada libertad en el proceso del ajuste al modelo debido a que no se posee información sobre la frecuencia de tallas que corresponden a las primeras edades en forma independiente de la flota pesquera. La flota, a raíz de la normativa establecida desde el 2003 relativa a la profundidad a la cual se puede pescar, ha disminuido considerablemente la captura de juveniles de la especie, por lo cual los muestreos de frecuencias de tallas realizados por los observadores a bordo estarían reflejando sólo la situación del efectivo y no de la población. Al considerar sólo un patrón de selección común para los años entre el 2007 y el 2012 y para cada tipo de arte de pesca, el ajuste de las estructuras de edades teóricas a las observadas se vio, en algunos casos, resentido.

Los valores de los parámetros de la función que modela los patrones de selección de las flotas arrastreras y palangreras, de acuerdo con los diferentes períodos de pesca considerados, se indican en las Tablas 8 y 9.

La biomasa total, a inicios del año 1986, se estimó en 153 mil toneladas ($BR = 124$ mil t) y habría disminuido a comienzos del 2012 a unas 48 mil toneladas ($BR = 41$ mil t), representando los valores finales un 33% respecto de aquellas existentes al comienzo de la explotación (Tabla 10).

En la Figura 4A se presentan las curvas correspondientes a la evolución de la biomasa total y de reproductores en el período de estudio, mientras que en la Figura 4B se grafican los valores de reclutamiento estimados (edad 1), calculados por el modelo.

Los reclutamientos estimados por el modelo a partir del 2002 han sido particularmente bajos. Esto posiblemente esté relacionado con la falta de información independiente de la pesca de esa fracción de la población. Tal como fue comentado en párrafos anteriores, la única información que se introduce en el modelo sobre la estructura de edades de la población, y que es utilizada como indicador de la misma participando del ajuste del modelo, es la derivada de las estructuras de tallas de las capturas que estiman los observadores a bordo de la flota comercial.

De los resultados derivados de este análisis puede concluirse que la situación actual del efectivo continua siendo favorable, probablemente por la combinación del hallazgo de nuevas áreas de pesca con mayores rendimientos por parte de la flota comercial y por la estrategia de ordenamiento establecida durante la última década por la Administración Pesquera Nacional.

3.3. Evaluación del potencial pesquero

Según los objetivos de mantener a la biomasa de reproductores en el largo plazo por encima del 30% o del 20% de aquella presente a los inicios de la explotación, o manteniendo en igual período el nivel actual de la fracción adulta de la población existente en 2012, las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) para el año 2014 correspondieron a 3.947, 5.489 y 4.513 toneladas. Los niveles de extracción (CBA) asociados al punto biológico de referencia correspondiente al año 2014, de acuerdo con cada objetivo de manejo evaluado se presentan en la Tabla 11. Las curvas de riesgo para cada uno de los diferentes objetivos de manejo propuestos se detallan en la Figura 5 y los porcentajes de variación de la captura total estimada de acuerdo a cada objetivo de manejo se detallan en la Figura 6.

Con respecto a los reclutamientos, debe recordarse que, para realizar las simulaciones, se consideró que los reclutamientos futuros fluctuarán alrededor del valor promedio presente durante el período analizado. Este supuesto implica un cierto grado de independencia entre la biomasa de reproductores y la fracción de reclutas. Además, resulta conveniente recordar que la falta de información independiente de la pesca respecto de la estructura poblacional, condiciona al modelo que, entonces, estima reclutamientos extremadamente bajos y plantea un escenario más conservativo respecto de las proyecciones de los reclutamientos.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Sobre la base de los resultados de este análisis puede concluirse que la pesquería de merluza negra que se desarrolla en el Mar Argentino continúa presentando una situación favorable y con tendencia estable si consideramos los rendimientos y las trayectorias de las biomazas total y reproductiva que surgen de la aplicación del modelo (Martínez & Wöhler, 2005 - 2012).

La estrategia de explotación que se viene aplicando particularmente desde el 2005 y que contempló diversos factores de la pesquería (disminución de la captura total, la obligatoriedad de realizar las operaciones de pesca a profundidades mayores a los 800 metros y de llevar observadores a bordo, y más recientemente la cuotificación de la pesquería), podría considerarse como determinante de esta situación favorable. Sin embargo, debe obrarse con prudencia en el establecimiento de las capturas máximas debido a que esta situación podría ser resultado por un lado de la concentración de la información biológico- pesquera en áreas con altos rendimientos halladas por las embarcaciones más eficientes que operan en la pesquería y una real mejora en la condición del estado del efectivo.

Finalmente, se recomienda mantener la estrategia de administración establecida y se reitera la necesidad de incrementar los conocimientos acerca de la características reproductivas, tróficas y migratorias de la especie, como así también la de analizar la existencia de uno o más *stocks* en el Atlántico Sudoccidental. En ese sentido se recomienda continuar con Chile el intercambio de conocimientos sobre la especie, iniciado en mediados de este año. Para el 2014 se han programado numerosas actividades conjuntas y la realización de un taller en el INIDEP para analizar los resultados de los Programas de Marcado en Merluza Negra que vienen ejecutando ambos países.

5. CONCLUSIONES

- El diagnóstico sobre el estado de explotación del efectivo de merluza negra presente en el Atlántico Sudoccidental indica que la BR_{2012} se encontraría cercana al 33% de la BRV. Este valor es levemente superior al obtenido en el análisis del año anterior, por lo que podría concluirse que el efectivo podría considerarse en una situación de cierta estabilidad.
- La serie estandarizada de CPUE, incorporando la información del año 2012, indica que durante los últimos años del análisis (2007 al 2012) se registraría una situación de cierta estabilidad en los valores de rendimiento obtenidos por la flota de buques palangreros.
- Las capturas biológicamente aceptables (CBA), estimadas según los distintos objetivos de manejo evaluados mediante análisis de riesgo y aplicando un patrón de selección similar al que actuó en la pesquería durante 2012, fueron calculadas para el año 2014 en 3.951, 5.489 y 4.513 toneladas. Estos valores corresponden a los objetivos de mantener a la biomasa de reproductores en el largo plazo por encima del 30% o del 20% de aquella presente a los inicios de la explotación o de mantener en igual período el nivel actual de la fracción adulta de la población.
- A partir del análisis de toda la información existente, se puede sugerir que la CBA para 2014 se encuentre en valores del orden de las 3.950 toneladas, levemente superior al establecido para el 2013 (3.500 t).
- Se recomienda proseguir con el mismo esquema de ordenamiento aplicado, continuando con las medidas de manejo oportunamente establecidas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BERTALANFFY, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology* 10: 181-213.
- BEVERTON, R.J.H. & HOLT, S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. U.K. Min. Agric. Fish. Food, Fish. Invest., (Ser. 2) 19: 533 p.
- BUTTERWORTH D.S & PUNT, A.E. 1992. A review of some aspects of the assessment of western North Atlantic bluefin tuna. Collve Vol. scient. Pap. int. Commn Conserv. Atl.
- CONSTABLE, A.J., A.T. WILLIAMSON & W.K. de la MARE (2003). Generalised Yield Model (GYM): User's manual & specifications. Version 5.01.b. Australian Antarctic División, Kingston:164 pp.
- 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.
- EFRON, B. 1981. Nonparametric estimates of standard error: the jackknife, the bootstrap and other methods. *Biometrika*, 68(3): 589-599.
- 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 Chatham Rise, New Zealand. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49(5): 922-930.
- HILBORN, R. 1990. Estimating the parameters of full age-structured models from catch and abundance data. *Bull. Int. N. Pac. Fish. Commn* 50: 207-213.
- MARTINEZ, P.A., HERNANDEZ, D & WÖHLER, O.C. 2011. Análisis de los índices de abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) derivados de la información de los observadores y de la estadística oficial. Informe Investigación INIDEP N° 00/11: 14 pp.
- MARTINEZ, P.A. & WÖHLER, O.C. 2005. La pesquería argentina de merluza negra durante el año 2004. Informe Interno INIDEP N° 01/05: 18 pp.
- MARTINEZ, P.A. & WÖHLER, O.C. 2006. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero durante el período 1986-2005 de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Informe Interno INIDEP N° 30/06: 30 pp.
- MARTINEZ, P.A. & WÖHLER, O.C. 2007. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1986-2006. Informe Interno INIDEP N° 42/07: 33 pp.
- MARTINEZ, P.A. & WÖHLER, O.C. 2008. Estimación de la abundancia de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental y recomendaciones de capturas biológicamente aceptables. Período 1986-2007. Informe Interno INIDEP N° 60/08: 33 pp.
- MARTINEZ, P.A. & WÖHLER, O.C. 2010 a. La pesquería de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Año 2009. Informe Interno INIDEP N° 03/10: 10 pp.
- MARTINEZ, P.A. & WÖHLER, O.C. 2010 b. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1986-2009. Informe Interno INIDEP N° 19/10: 34 pp.
- MARTINEZ, P.A. & WÖHLER, O.C. 2011. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1986-2010. Informe Interno INIDEP N° 32/11: 27 pp.
- MARTINEZ, P.A. & WÖHLER, O.C. 2011. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1986-2010. Informe Interno INIDEP N° 32/11: 27 pp.
- MARTINEZ, P.A. & WÖHLER, O.C. 2012. Estimación de la Abundancia y Recomendación de la Captura Biológicamente Aceptable de Merluza Negra (*Dissostichus eleginoides*) para el Año 2013 Informe Interno INIDEP N° 32/12: 25 pp.
- 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.



- PRENSKI, L.B. 2000. Merluza negra (*Dissostichus eleginoides*). Págs. 81-92. En: Bezzi, S., Akselman, R. & Boschi, E. (Eds.). Síntesis del estado de las pesquerías marítimas argentinas y de la Cuenca del Plata. Años 1997-1998, con una actualización de 1999. Publicaciones especiales. INIDEP, Mar del Plata, 388 pp.
- PRENSKI, L.B. & ALMEYDA, S.M. 2000. Some biological aspects relevant to Patagonian Toothfish (*Dissostichus eleginoides*) exploitation in the Argentine exclusive economic zone and adjacent ocean sector. *Frente Marítimo*, Vol 18 (A): 103-124.
- PUNT, A.E. 1994. Assessments of the stocks of cape hakes *Merluccius* spp. Off South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 14: 159-186.
- 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.
- PUNT, A.E., BUTTERWORTH, D.S. & PENNEY, A.J. 1995. Stock Assessment and risk analysis for the South Atlantic population of Albacore *Thunnus alalunga* using an age-structured production model. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 16: 287-310.
- WÖHLER, O.C. 2003. Estimación de índices de abundancia de polaca (*Micromesistius australis*) a partir de la captura por unidad de esfuerzo de buques surimeros argentinos en el período 1992-2002. Informe interno INIDEP N° 21/03: 13 pp.
- WÖHLER, O.C. & HANSEN, J.E. 2003 a. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985 y 2002. Informe interno INIDEP 34/03: 23 pp.
- WÖHLER, O.C. & HANSEN, J.E. 2003 b. Evaluación de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987 y 2002. Informe interno INIDEP 48/03: 17 pp.
- WÖHLER, O.C.; MARTINEZ, P. & GIUSSI, A. 2001 a. Características de la pesca por arrastre de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el mar argentino durante el año 2000 y recomendaciones tendientes a evitar la captura de juveniles. Informe interno INIDEP 72/01: 23 pp.
- WÖHLER, O.C.; HANSEN, J.E. & CORDO, H.D. b. Índices de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) derivados de la flota comercial argentina en el período 1995-2000. Informe Interno INIDEP N° 21/01, 7 pp.
- WÖHLER, O.C., HANSEN, J.E., CASSIA, M.C. & CORDO, H.D. 2002 b. Evaluación de polaca (*Micromesistius australis*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1987-2001. Informe Interno INIDEP 30/02: 18 pp.
- WÖHLER, O.C., HANSEN, J.E., GIUSSI, A.R. & CORDO, H.D. 2002 c. Evaluación de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2001. Informe Interno INIDEP 27/02: 23 pp.
- WÖHLER, O.C., MARTÍNEZ, P.A. & MARÍ, N. 2002 a. Estimación de índices de abundancia relativa de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Mar Argentino. Informe Interno INIDEP 13/02: 35pp.
- WÖHLER, O.C. & MARTÍNEZ, P.A. 2002. La pesquería argentina de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el período enero-septiembre de 2002: aspectos preocupantes sobre su sustentabilidad en el largo plazo. Inf. Téc. Int. INIDEP 4/04: 24 pp.
- WÖHLER, O.C. & MARTÍNEZ, P.A. 2004. Análisis de la pesquería argentina de merluza negra durante el año 2003. Inf. Téc. Int. INIDEP 4/04: 24 pp.
- WÖHLER, O.C., MARTÍNEZ, P.A. & HANSEN, J.E. 2004a. Estimación de la abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental mediante la aplicación de un modelo de producción de biomasa estructurado por edades. Informe Interno INIDEP 13/04: 25pp.
- WÖHLER, O.C., MARTÍNEZ, P.A. & HANSEN, J.E. 2004b. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Informe Interno INIDEP 65/04: 32pp.
- WÖHLER, O.C. & MARTÍNEZ, P.A. 2005. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental período 1986-2004. Informe Interno INIDEP 15/05: 32pp.
- WÖHLER, O.C. & MARTÍNEZ, P.A. 2006. A proposal methodology to assess the Patagonian toothfish stock abundance at CCAMLR Subarea 48.3 using ASPM. WG-FSA-59/2006. 15pp.



- WÖHLER, O.C., MARTÍNEZ, P.A & AUBONE, A. 2005 a. Exploring the ASPM as an alternative method to estimate the Patagonian toothfish biomass at CCAMLR Subarea 48.3 WG-FSA-SAM-05/05: 25 pp.
- WÖHLER, O.C., MARTÍNEZ, P.A & AUBONE, A. 2005 b. Reviewing the age structured production model (ASPM) as an alternative method to estimate the Patagonian toothfish biomass at CCMLR subarea 48.3. 8. WG-FSA-73/05.18 pp.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

**Tabla 1.** Capturas nominales (toneladas) de merluza negra en el Atlántico Sudoccidental, discriminadas por flota. Período 1986 – 2013.

Año	Arrastre (Argentina)	Palangre (Argentina)	Arrastre (Flota extranjera)	Palangre (Flota extranjera)	Totales
1986	223	0	-	-	223
1987	981	0	31	0	1012
1988	1587	0	118	0	1705
1989	1298	0	236	0	1534
1990	2053	0	208	0	2341
1991	1348	18	908	0	2433
1992	499	133	791	120	1591
1993	3815	547	385	8	4755
1994	7049	6969	230	2733	16981
1995	3760	14465	323	1746	20295
1996	3033	11878	173	513	15597
1997	2150	6655	208	1000	10176
1998	3155	7730	629	1313	14172
1999	4456	5181	1184	1771	13480
2000	5697	3737	763	1551	12306
2001	3704	2625	443	1310	8082
2002	6051	2110	351	1439	9951
2003	4049	1578	253	1443	7323
2004	1334	765	276	1725	4100
2005	393	883	123	1559	2958
2006	474	612	156	1407	2649
2007	484	1268	53	1466	3271
2008	768	1287	61	1368	3484
2009	648	1760	285	1134	3827
2010	916	2109	400	1466	4888
2011	1011	1724	338	1466	4789
2012	1687	1588	228	1085	4588

Tabla 2. Valores de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy y de la relación largo-peso de merluza negra

Parámetros de crecimiento	Relación largo-peso
L_{∞} : 184,67	a: 0,02
K: 0,065	b: 2,73
t_0 : -0,386	

**Tabla 3.** Parámetros de ingreso al modelo de proyección de la abundancia y de las capturas.

Parámetros	Valores
Mortalidad natural (M)	0,17
B_{2012} , desvío B_{2012}	48477; 6318
Biomasa reproductiva virgen (BRV) en momento de la reproducción	115971
f arrastre $_{2012}$, f palangre $_{2012}$	0,04; 0,05
Reclutamiento medio, máximo y mínimo (miles de peces a la edad 1)	3886; 6550; 852
N por edad $_{2012}$ (1 a 30+ años)	1412; 1214; 1140; 952; 772; 589; 465; 354; 188; 156; 127; 320; 455; 352; 247; 192; 147; 98; 59; 38; 28; 20; 14; 12; 10; 8; 5; 4; 4; 20.
Peso medio por edad a inicios de año (kg)	0,027; 0,144; 0,408; 0,858; 1,515; 2,391; 3,483; 4,782; 6,274; 7,939; 9,756; 11,704; 13,759; 15,900; 18,107; 20,359; 22,640; 24,933; 27,222; 29,496; 31,744; 33,955; 36,122; 38,238; 40,298; 42,296; 44,230; 46,098; 47,896; 52,044
Peso medio por edad a mediados de año (kg)	0,070; 0,255; 0,608; 1,159; 1,925; 2,910; 4,107; 5,505; 7,086; 8,830; 10,715; 12,719; 14,820; 16,997; 19,229; 21,497; 23,786; 26,078; 28,362; 30,624; 32,855; 35,045; 37,187; 39,275; 41,305; 43,272; 45,173; 47,006; 48,770; 52,831.
Madurez por edad	0,00; 0,00; 0,00; 0,00; 0,01; 0,05; 0,14; 0,33; 0,58; 0,78; 0,90; 0,96; 0,98; 0,99; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00; 1,00.

**Tabla 4.** Composición por edades (relativas a la abundancia del grupo de edad 7) de las capturas de merluza negra empleadas como índices de ajuste del modelo de producción de biomasa.

Edad	1997	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
	ARRASTRE												PALANGRE											
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	
3	0,00	0,00	0,61	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	
4	0,01	0,01	1,38	0,43	0,67	0,13	0,03	0,01	0,67	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	
5	0,24	0,24	3,35	0,97	1,54	0,77	0,27	0,07	1,54	0,07	0,03	0,13	0,44	0,08	0,12	0,03	0,05	0,03	0,00	0,00	0,27	0,04	0,01	
6	0,72	0,72	2,35	0,95	1,37	1,30	0,42	0,16	1,37	0,31	0,22	1,03	0,94	0,43	0,45	0,25	0,42	0,25	0,04	0,10	0,58	0,27	0,15	
7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,39	0,21	1,00	1,00	1,00	3,23	1,00	1,00	1,00	1,00	1,93	1,34	0,39	1,00	1,00	1,00	0,84	
8	1,18	1,18	0,34	1,23	0,85	0,67	0,38	0,30	0,85	2,02	1,82	5,89	0,78	1,62	2,01	2,20	3,52	2,87	1,00	3,44	1,26	2,68	1,79	
9	1,26	1,26	0,11	1,46	0,79	0,51	0,40	0,41	0,79	2,68	2,20	7,67	0,55	2,03	2,91	3,32	4,24	3,63	1,36	5,69	1,45	4,91	2,43	
10	1,15	1,15	0,03	1,34	0,71	0,38	0,39	0,48	0,71	5,67	2,43	8,06	0,40	2,17	2,99	4,17	4,69	3,81	1,51	6,16	3,12	6,47	2,62	
11	0,93	0,93	0,00	1,01	0,62	0,26	0,33	0,48	0,62	6,11	2,41	7,21	0,30	2,09	2,49	4,55	4,66	3,81	1,52	5,34	3,48	6,81	2,54	
12	0,71	0,71	0,00	0,67	0,52	0,16	0,25	0,42	0,52	5,66	2,20	5,73	0,23	1,86	1,88	4,24	4,25	3,77	1,42	4,13	3,29	6,21	2,34	
13	0,53	0,53	0,00	0,42	0,42	0,10	0,17	0,34	0,42	5,06	1,90	4,18	0,17	1,54	1,38	3,43	3,66	3,66	1,25	3,00	2,96	5,21	2,06	
14	0,40	0,40	0,00	0,26	0,32	0,06	0,11	0,27	0,32	4,70	1,55	2,86	0,12	1,23	1,02	2,50	2,99	3,37	1,05	2,09	2,76	4,17	1,75	
15	0,31	0,31	0,00	0,17	0,24	0,04	0,07	0,20	0,24	4,36	1,19	1,87	0,09	0,95	0,76	1,71	2,30	2,91	0,86	1,46	2,56	3,25	1,44	
16	0,23	0,23	0,00	0,11	0,18	0,02	0,05	0,15	0,18	2,99	0,87	1,18	0,06	0,72	0,57	1,13	1,68	2,37	0,68	1,03	1,76	2,48	1,16	
17	0,17	0,17	0,00	0,07	0,13	0,01	0,03	0,11	0,13	1,43	0,61	0,74	0,04	0,54	0,43	0,73	1,17	1,85	0,53	0,75	0,84	1,87	0,91	
18	0,12	0,12	0,00	0,05	0,09	0,01	0,02	0,08	0,09	0,28	0,42	0,46	0,03	0,40	0,33	0,47	0,81	1,41	0,40	0,56	0,33	1,40	0,71	
19	0,09	0,09	0,00	0,03	0,07	0,00	0,01	0,06	0,07	0,03	0,28	0,29	0,02	0,30	0,25	0,31	0,55	1,06	0,30	0,43	0,17	1,05	0,55	
20	0,06	0,06	0,00	0,02	0,05	0,00	0,01	0,04	0,05	0,00	0,20	0,18	0,01	0,23	0,19	0,20	0,38	0,79	0,23	0,33	0,10	0,80	0,42	
21	0,04	0,04	0,00	0,02	0,03	0,00	0,01	0,03	0,03	0,00	0,14	0,12	0,01	0,17	0,15	0,13	0,27	0,59	0,17	0,26	0,07	0,61	0,33	
22	0,03	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,10	0,08	0,00	0,13	0,11	0,09	0,19	0,44	0,13	0,21	0,06	0,47	0,25	
23	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,07	0,05	0,00	0,10	0,09	0,06	0,14	0,33	0,10	0,17	0,07	0,37	0,19	
24	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,05	0,03	0,00	0,08	0,07	0,04	0,11	0,26	0,07	0,14	0,06	0,29	0,15	
25	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,06	0,05	0,03	0,08	0,20	0,06	0,11	0,05	0,23	0,12	
26	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,05	0,04	0,02	0,07	0,16	0,04	0,09	0,04	0,19	0,09	
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,04	0,03	0,02	0,05	0,13	0,03	0,08	0,03	0,16	0,07	
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,03	0,01	0,04	0,10	0,03	0,07	0,03	0,13	0,06	
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01	0,04	0,09	0,02	0,06	0,02	0,11	0,04	
30+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	0,02	0,02	0,05	0,22	0,51	0,10	0,37	0,12	0,58	0,19	

Tabla 5. Test de suma de cuadrados del modelo completo *versus* suma de cuadrados residuales.

Parámetro	Estimación
R múltiple	0,70
R ² múltiple	0,49
R ² ajustado	0,49
F	62,45
p	0,00

**Tabla 6.** Resultados del análisis de varianza del modelo lineal general.

EFEECTO	SS	gl	MS	F	P
AÑO	799,99	19	42,10	33,34	0,000000
AREA	774,78	4	193,70	153,37	0,000000
BARCO	696,14	36	19,34	15,31	0,000000
TRIMESTRE	27,67	3	9,22	7,30	0,000000
ERROR	4987,30	3949	1,26		

Tabla 7. Medias anuales estandarizadas de CPUE (Kg por operación de pesca) de merluza negra obtenidas por las embarcaciones palangreras durante el período 1994 - 2012, y límites inferiores y superiores de los respectivos intervalos de confianza ($\alpha = 0,05$).

Año	Media CPUE	Límite Inferior	Límite Superior
1993	1055,23	706,20	1576,76
1994	793,29	593,19	1060,88
1995	844,58	726,36	982,05
1996	764,98	659,35	887,54
1997	704,17	562,25	881,91
1998	650,28	542,69	779,21
1999	528,93	446,68	626,34
2000	377,67	317,06	449,87
2001	247,32	208,74	293,03
2002	187,14	156,69	223,50
2003	186,48	157,02	221,46
2004	178,41	145,60	218,61
2005	173,04	117,58	254,66
2006	211,63	147,86	302,92
2007	483,91	332,01	705,31
2008	662,71	483,80	907,78
2009	487,28	375,75	631,91
2010	584,98	433,57	789,26
2011	513,54	371,92	709,08
2012	510,25	308,00	592,69

Tabla 8. Parámetros de la función que modela los patrones de selección de la flota arrastrera, por período de pesca.

Parámetros	1986-1997	1998-2002	2003- 2006	2007-2012
a_{50}	7,29	3,67	4,33	10,92
δ	1,23	2,62	2,25	0,58
a_c	0,88	30,02	4,83	27,23
ω	0,01	0,05	0,06	1,55

Tabla 9. Parámetros de la función que modela los patrones de selección de la flota palangrera, por período de pesca.

Parámetros	1986-2002	2003-2006	2007-2012
a_{50}	5,97	10,14	8,50
δ	1,69	0,78	0,59
a_c	0,55	32,11	32,66
ω	2,63	0,82	0,65
v	1,15	0,20	0,27

Tabla 10. Estimaciones del modelo de producción de biomasa estructurado por edades aplicado a la merluza negra del Atlántico Sudoccidental.

Parámetro	Estimación
Relación stock - recluta (modelo de Beverton & Holt)	
h	0,67
Reclutamiento medio 1986/2009 (Miles de ejemplares edad 1)	3.886
Valores iniciales (año 1986)	
Biomasa total (toneladas)	152.424
Biomasa de reproductores	124.449
Valores a inicios de 2012	
Biomasa total (toneladas)	48.477
Biomasa de reproductores	40.732

Tabla 11. Estimaciones de las mortalidades por pesca de referencia para las flotas arrastrera y palangrera y de las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) de merluza negra durante el año 2014 resultantes del análisis de riesgo, en función de los objetivos de manejo analizados. Se indican también los mínimos niveles porcentuales esperados en el mediano plazo de la biomasa de reproductores, referidos a 2013 y las capturas proyectadas en el largo plazo,

Objetivo I.- Límite aceptable de la abundancia de reproductores fijado en el 30% de la biomasa reproductiva virgen (BVR).

Objetivo II.- Límite aceptable de la abundancia de reproductores fijado en el 20% de la biomasa reproductiva virgen.

Objetivo III.- Mantenimiento en el largo plazo de una biomasa de la fracción adulta de la población equivalente al nivel estimado a inicios de 2013.

Objetivo	f arrastre	f palangre	CBA 2014
$BRLP > 0,3 BRV$	0,04	0,06	3.951
$BRLP > 0,2 BRV$	0,06	0,09	5.489
$BRLP = BR 2012$	0,09	0,07	4.513

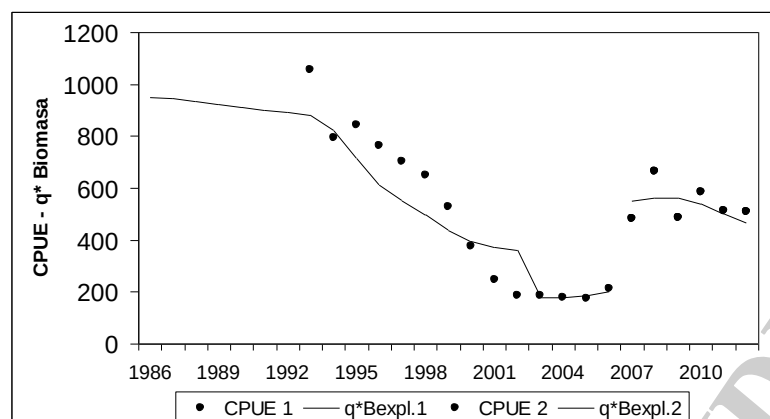
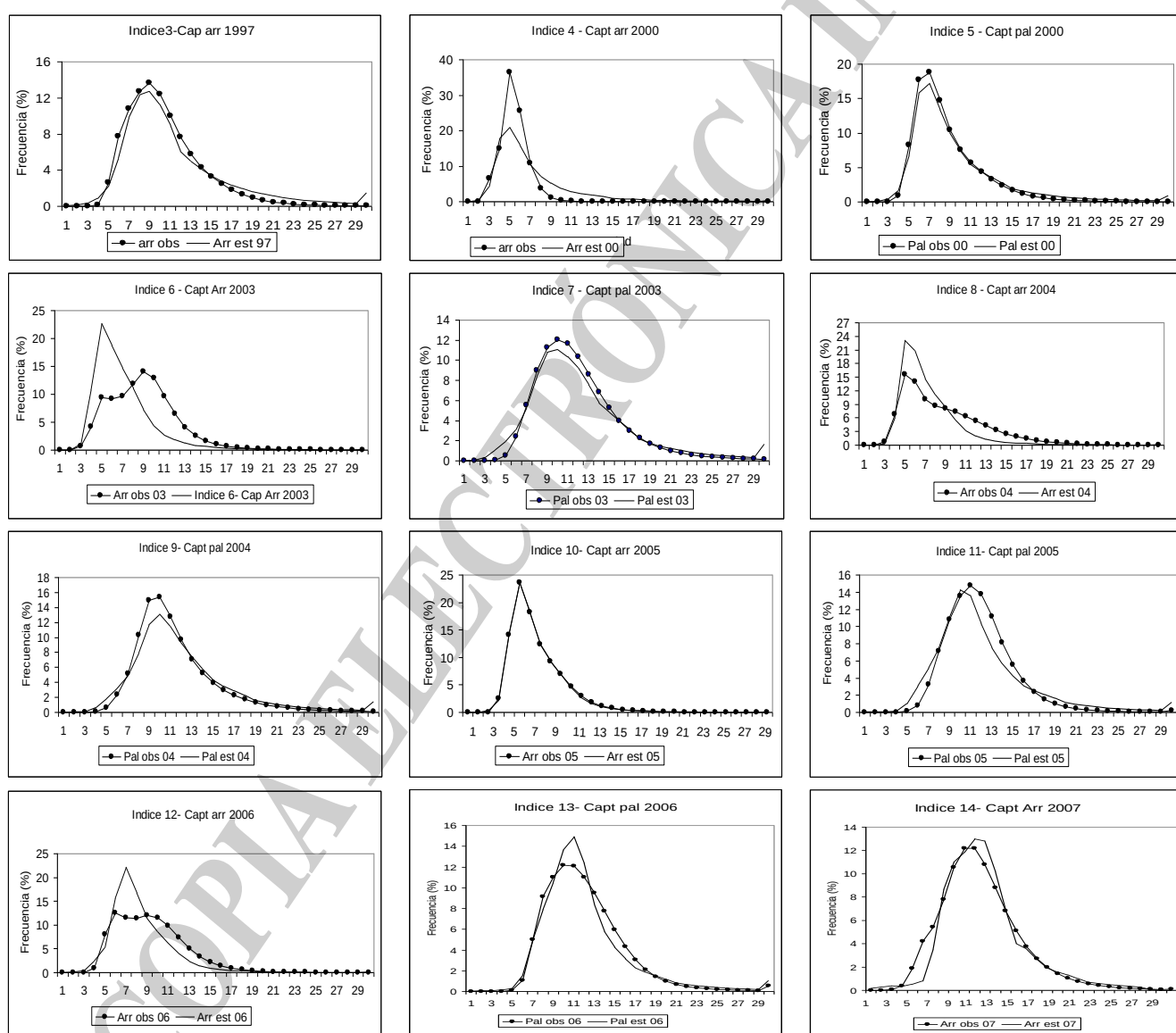


Figura 1. Ajuste del modelo a la serie estandarizada de CPUE de la flota con palangre (kg de merluza negra/ número de operaciones).



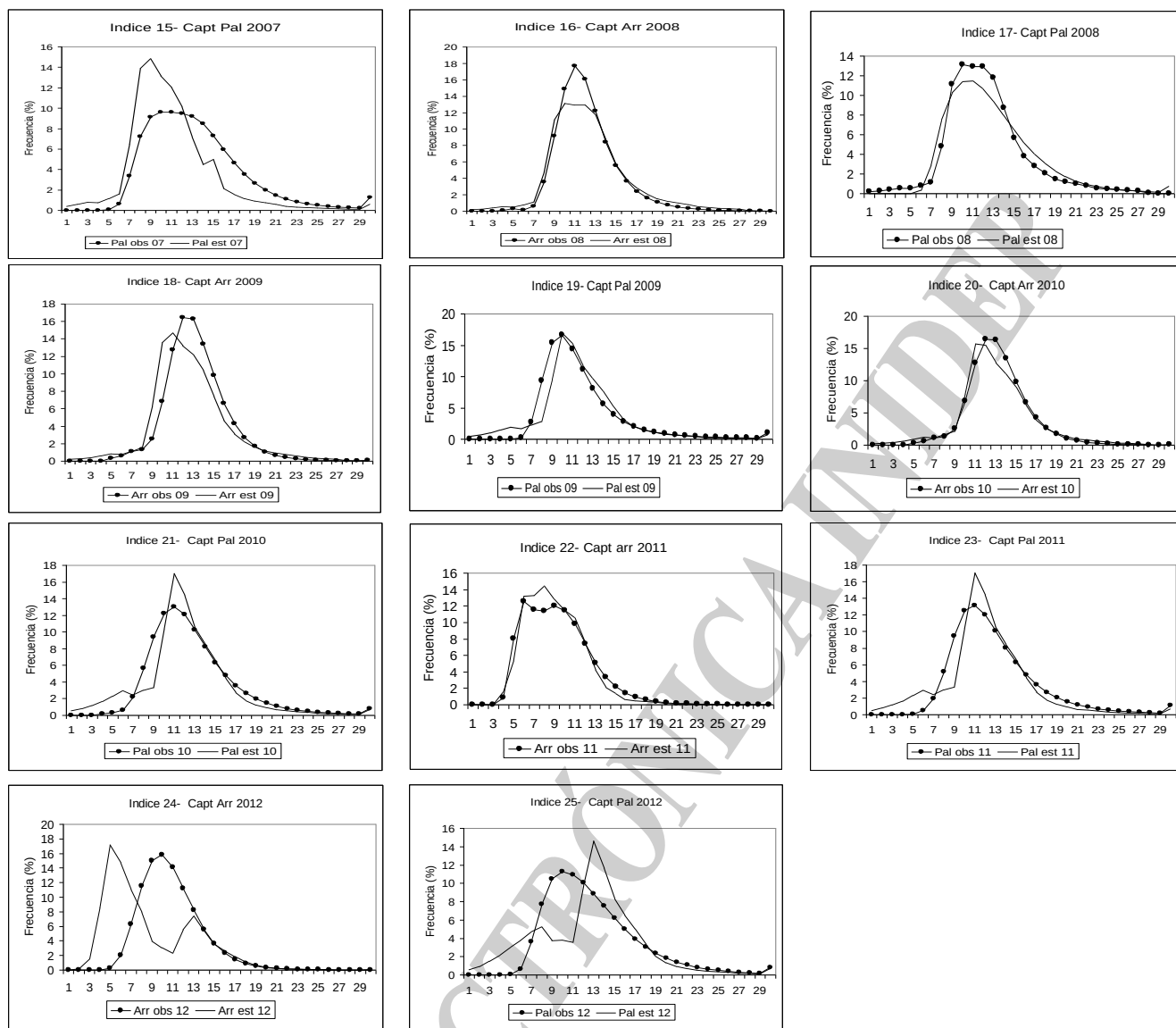


Figura 2. (Continuación). Ajuste del modelo a los índices de la estructura por edades de las capturas empleados en la evaluación de la merluza negra del Atlántico Sudoccidental.

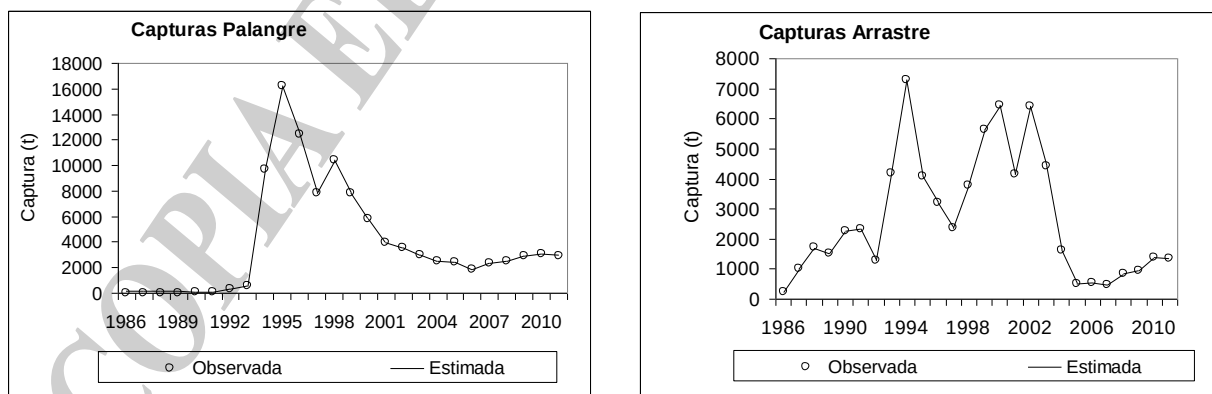


Figura 3. Ajuste de las estimaciones del modelo a las capturas anuales observadas de merluza negra, por tipo de flota.

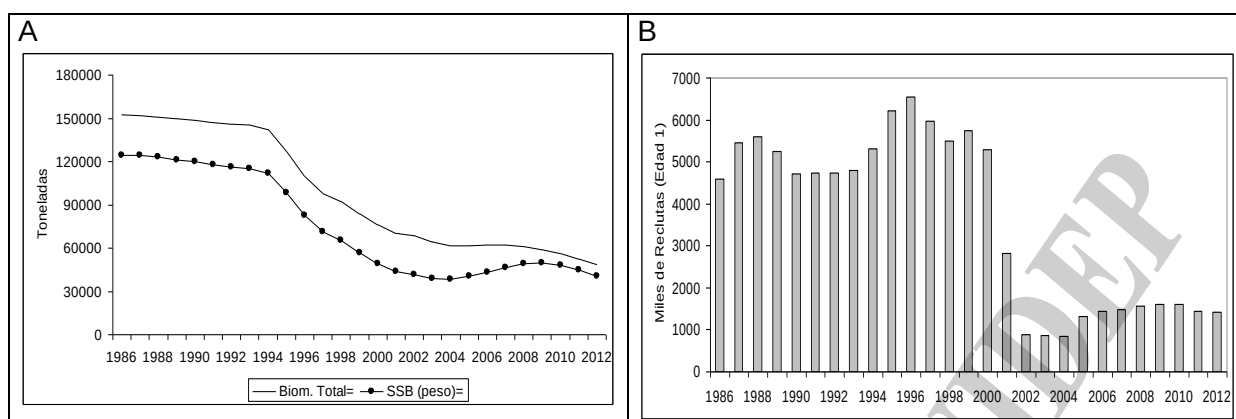


Figura 4. Evolución de la biomasa total y de reproductores (A), Estimación de los reclutamientos anuales (en miles de ejemplares de edad 1) a la población de merluza negra del Atlántico Sudoccidental (B).

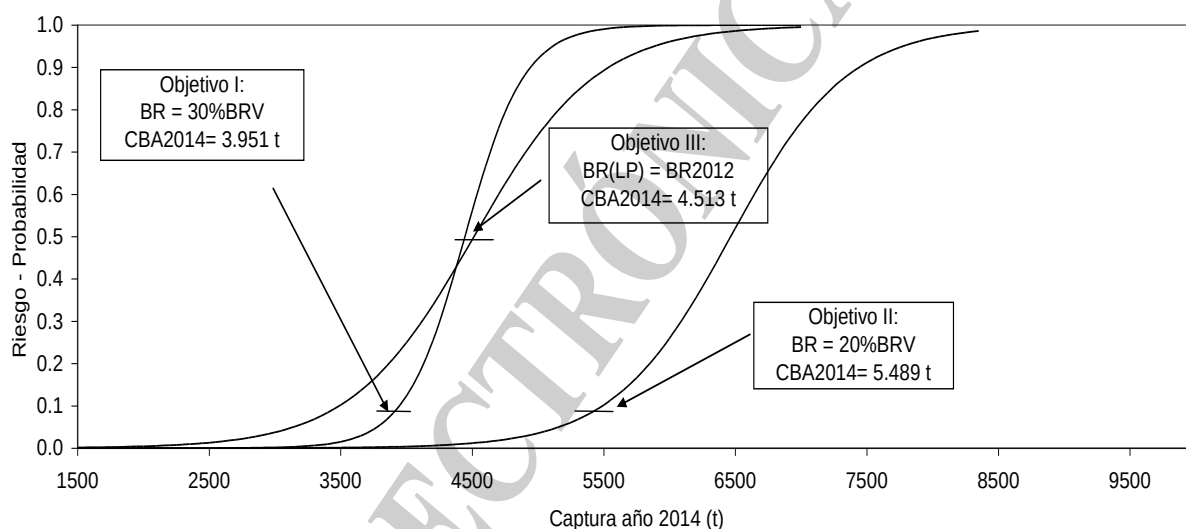


Figura 5. Curvas de probabilidad de alcanzar los tres objetivos de manejo analizados mediante análisis de riesgo, en función de la captura de merluza negra a obtener durante el año 2014. Para el objetivo I y II, las curvas indican respectivamente el riesgo de que la biomasa reproductiva en el largo plazo sea inferior al 30% o al 20% de aquella presente en el inicio de la pesquería. La curva correspondiente al objetivo III describe la probabilidad de que la biomasa de reproductores en el largo plazo sea menor a la estimada a inicios del año 2013.

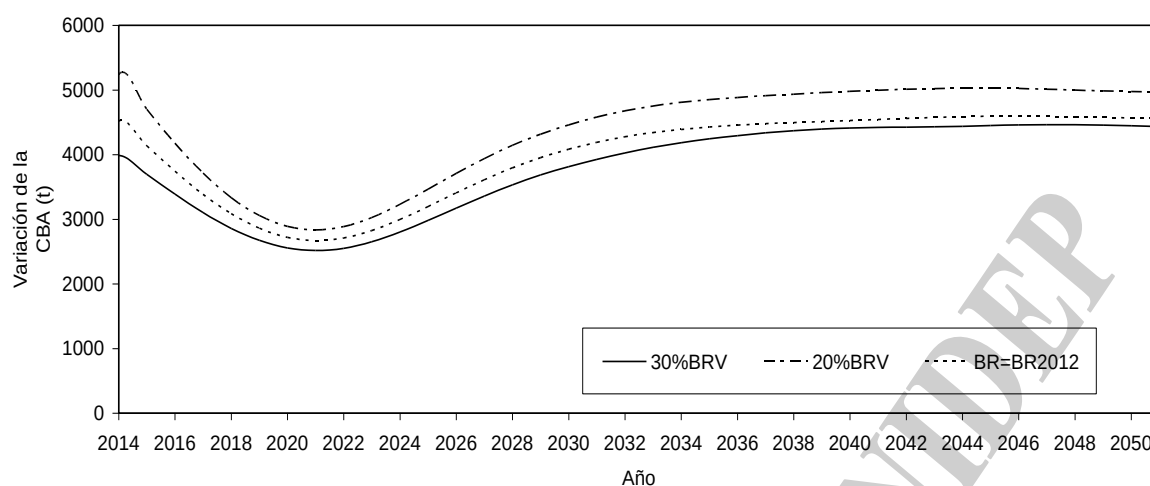


Figura 6. Porcentajes de variación de la captura total estimada según los diferentes objetivos de manejo respecto de la estimada a inicios de 2013.

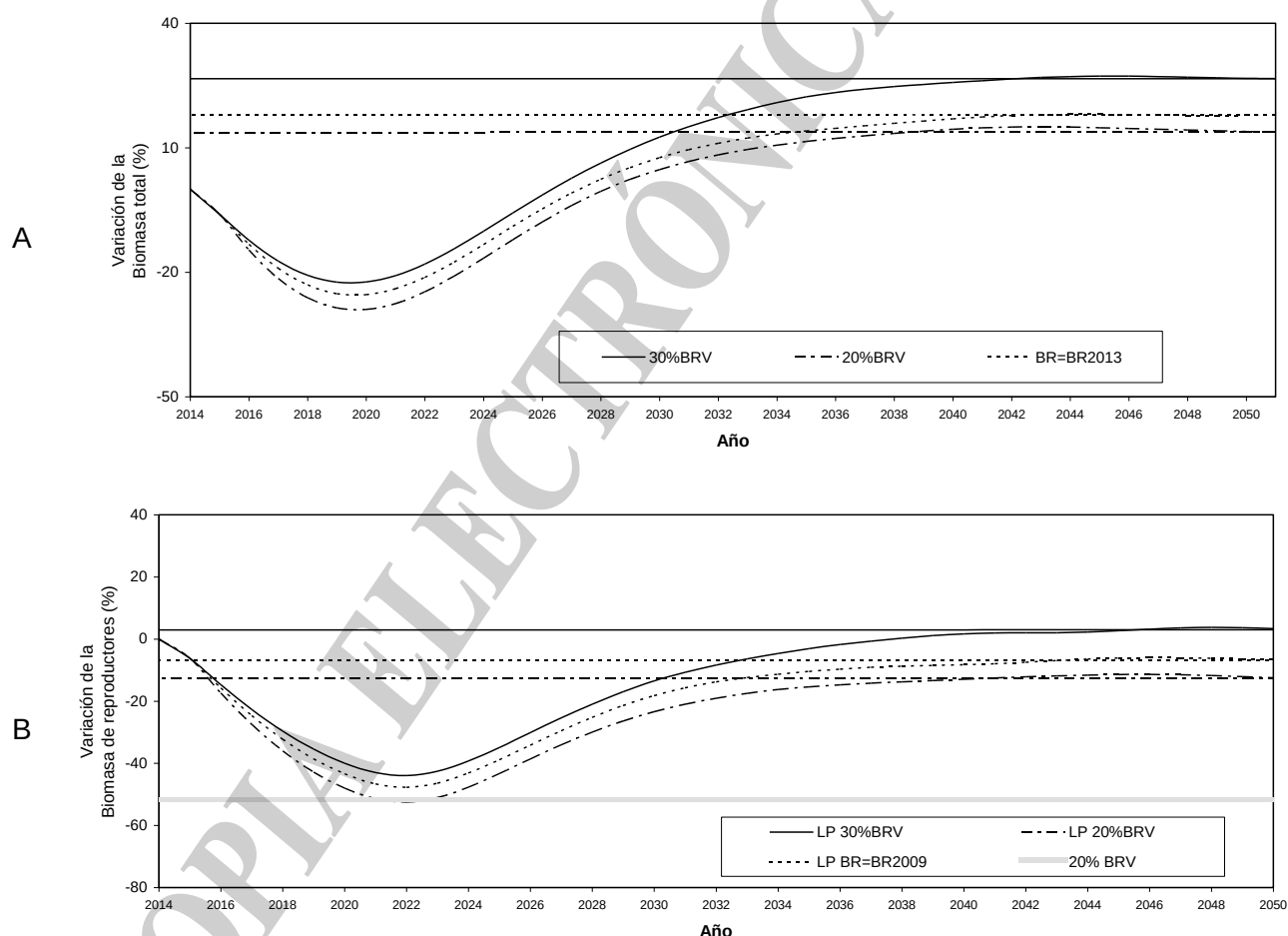


Figura 7. Porcentajes de variación de la biomasa total (A), y de reproductores (B) estimadas según los diferentes objetivos de manejo respecto de la estimada a inicios de 2013. La línea horizontal en el gráfico B destaca el nivel del 20% de la biomasa virginal de reproductores.