



**INIDEP**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN  
Y DESARROLLO PESQUERO

# INFORME TÉCNICO OFICIAL

Número <b>019</b>	Páginas <b>35</b>	Dirección Dirección de Pesquerías Demersales
Fecha de aprobación <b>04 JUN 2010</b>		Programa / Gabinete Pesquerías Demersales, Australes y Subantárticos
		Actividad Evaluación y estimación del potencial pesquero de la merluza negra

**ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA Y EL POTENCIAL  
PESQUERO DE LA MERLUZA NEGRA (*Dissostichus eleginoides*) DEL  
ATLANTICO SUDOCCIDENTAL. PERIODO 1986-2009**

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

<b>SOLICITADO POR</b>	Institución	Cargo

<b>PREPARADO POR</b>	<b>APROBADO POR</b>
Firma: Nombre: <b>Patricia A. Martínez</b>	 Jefe de Programa / Gabinete
Firma: Nombre: <b>Otto C. Wöhler</b>	 Director de área
Firma: Nombre:	 Director Nacional de Investigación <b>Dr. OTTO C. WÖHLER</b> DIRECTOR Dirección Nacional de Investigación INIDEP
Firma: Nombre:	 Director del INIDEP
Firma:	

**COPIA ELECTRONICA C.F.P.**

# ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA Y EL POTENCIAL PESQUERO DE LA MERLUZA NEGRA (*Dissostichus eleginoides*) DEL ATLANTICO SUDOCCIDENTAL. PERIODO 1986-2009

por

Patricia A. Martínez y Otto C. Wöhler

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

## Resumen Ejecutivo

La merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) es un nototénido de comportamiento demersal bentónico posee características biológicas particulares como son la longevidad, el lento crecimiento y la aja fecundidad que la colocan en una posición vulnerable a la sobreexplotación pesquera. Además ocupa el lugar de un predador tope en la trama trófica, por consiguiente difícilmente desarrolle una gran biomasa poblacional.

La pesquería argentina desarrollada sobre ese recurso adquirió importancia a inicios de la década del '90 y a partir de ese momento se produjo un rápido crecimiento y expansión geográfica de la flotas dirigidas a la especie. Esto propició 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 conseguir la sustentabilidad del recurso y de la pesquería. En el año 2003 la Administración Pesquera Nacional implementó una serie de medidas de ordenamiento que han conducido a una situación más propicia para el efectivo. El establecimiento de menores niveles de extracción y la asignación de autorizaciones de captura dirigida, otorgadas a determinadas embarcaciones, han provocado una notoria disminución del esfuerzo pesquero efectivo dirigido hacia la especie y de la captura total obtenida.

En el presente informe se realiza una actualización del conocimiento acerca del estado de explotación actual del recurso. Con tal finalidad se aplicó un modelo de producción de biomasa estructurado por edades (ASPM), tal como se viene realizando desde el año 2004. También se ejecutaron las proyecciones de los rendimientos futuros para estimar Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) para el año 2010, bajo diferentes objetivos de manejo, analizando el riesgo biológico asociado a cada estrategia de explotación. Se analizaron y estandarizaron los datos disponibles de captura por unidad de esfuerzo de las embarcaciones equipadas con palangre correspondientes al período 1994-2009, con la finalidad de obtener una serie de CPUE como índice representativo de la abundancia.

Tal como se ha comentado en estudios anteriores, la reducción del número de embarcaciones habilitados para la pesca dirigida de la especie condujo a una disminución de la información biológico – pesquera derivada de la flota comercial. Por otra parte la concentración de la misma en áreas de pesca muy reducidas con elevados rendimientos, como son el Area de Protección de Juveniles de la especie (APJ) y las cuadrículas de pesca 5458 y 5459 de donde provino más del 80% de la captura obtenida por ese tipo de arte, han afectado en cierta manera la estimación de la serie estandarizada de CPUE. Esto debe tenerse en cuenta al momento de analizar los resultados del modelo utilizado para evaluar el estado de explotación del recurso. En tal sentido, y teniendo en cuentas las consideraciones anteriores, se particionó la serie de valores de CPUE estandarizadas en dos períodos, 1994- 2004 y 2005-2009, con la finalidad de ser utilizados como dos índices diferentes a los efectos del ajuste del modelo. La elección de cada período obedeció principalmente a que, a partir del año 2005, el CFP estableció medidas de manejo que modificaron la estrategia y modalidad de pesca de la flota dirigida a la especie, impactando sobre la estimación de la CPUE estandarizada, por lo cual se admitiría la consideración de dos períodos con diferentes coeficientes de capturabilidad.

El modelo presentó un aceptable ajuste a los índices de abundancia empleados. Para el primer período considerado, el modelo ajusta los altos valores de CPUE y la variabilidad propia de los inicios de una pesquería (1993-1996), la paulatina disminución de los rendimientos observada entre los años 1997-2000 y la relativa estabilidad observada posteriormente (2001-2004). En el segundo período el modelo, parte de una condición de bajos rendimientos (2005 y 2006), para luego ascender a valores un poco más elevados registrados durante los últimos años analizados. Este incremento podría reflejar cierta recuperación del efectivo, y estar también relacionado con el hallazgo por parte de la flota comercial de nuevas áreas de pesca con mayores rendimientos. Cabe recordar que, a pesar de considerar efectivas medidas de ordenamiento implementadas por la Administración Pesquera Nacional durante los últimos años, la merluza negra posee características biológicas propias de especies con baja resiliencia, que dificultan su recuperación en el corto y mediano plazo.

EL ajuste a los índices que aportan información acerca del estado de la estructura de edades de la merluza negra en las capturas también resultó aceptable. En cuanto a las capturas teóricas de arrastre y de palangre, tal como está formulado el modelo, se ajustaron a las observadas sin error. La biomasa total, a inicios del año 1986, se estimó en 160 mil toneladas (BR= 130 mil t) y habría disminuido a comienzos del 2009 a unas 47 mil toneladas (BR= 39 mil t), representado los valores finales un 30% respecto de aquellas existentes al comienzo de la explotación. Las curvas correspondientes a la evolución de la biomasa total y de reproductores en el período de estudio, revelan que ambas se encontrarían en una situación de estabilidad con cierta recuperación de la biomasa reproductiva que se encontraría en el 30% respecto de aquella existente en el inicio de la explotación, valor levemente mayor al registrado en el 2008 (27%).

Para la estimación de las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA), se consideraron distintos objetivos de manejo evaluados mediante análisis de riesgo y aplicando un patrón de selección similar al que habría actuado en la pesquería durante 2009. Las CBA para el año 2010 correspondieron a 3.251, 5.661 y 3.975 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).

En referencia a la biomasa total se pronostica una recuperación para los tres los objetivos planteados (53%, 23% y 34%, respectivamente). Al considerar la evolución de la biomasa de reproductores, los objetivos I y III predicen una recuperación en los niveles de biomasa respecto del registrado en el 2009 (30 y 7%, respectivamente), mientras que el objetivo II pronostica una disminución (6 %) de la abundancia de reproductores respecto del valor de referencia.

Sólo las CBAs asociadas a los objetivos I y III (3.251 y 3.975 toneladas) pronostican una recuperación razonable de la biomasa total (53% y 34%) y del *stock* reproductor (30% y 7%), en el mediano plazo (10 a 15 años).

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos en este análisis se considera necesario continuar advirtiendo acerca del estado de explotación del recurso merluza negra en el Atlántico Sudoccidental y recomendar proseguir con las medidas de manejo establecidas conducentes a la sustentabilidad de la pesquería. (Wöhler *et al.*, 2004 a-b; Martínez & Wöhler, 2005- 2007). Resulta conveniente reiterar 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 la continuidad del **Programa de Mercado y Recaptura** tal como se viene desarrollando actualmente.

# ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA Y EL POTENCIAL PESQUERO DE LA MERLUZA NEGRA (*Dissostichus eleginoides*) DEL ATLANTICO SUDOCCIDENTAL. PERIODO 1986-2009

por

Patricia A. Martínez y Otto C. Wöhler

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero  
Paseo Victoria Ocampo N° 1, 7600 Mar del Plata, Argentina

## 1. Introducción

La merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) es un nototénido de comportamiento demersal bentónico que ocupa el lugar de un predador tope en la trama trófica, y por consiguiente difícilmente desarrolle una gran biomasa poblacional. Posee, además, algunas características biológicas, como son la longevidad, el lento crecimiento y la baja fecundidad, que la colocan en una posición vulnerable a la sobreexplotación pesquera. La pesquería argentina desarrollada sobre ese recurso adquirió importancia a inicios de la década del '90, como consecuencia directa del elevado precio de sus productos en los mercados internacionales y a partir de ese momento se produjo un rápido crecimiento y expansión geográfica de la flotas dirigidas a la especie. Esto propició una situación de sobreexplotación del recurso, la cual fue advertida por el INIDEP (Wöhler *et al.*, 2001a; Wöhler & Martínez, 2002) y motivó la recomendación de diversas medidas de manejo tendientes a conseguir la sustentabilidad del recurso y de la pesquería.

Los estudios realizados acerca de la evolución de la pesquería revelan que la implementación durante los últimos años de bajos niveles de extracción (CBA), conjuntamente con la asignación de autorizaciones de captura otorgada por el CFP a determinadas embarcaciones (actualmente Cuotas Individuales Transferibles de Captura (CITC) a partir de la Resolución CFP N°21/09), han conducido a una situación favorable para la sustentabilidad de la pesquería, al disminuir en forma notoria el esfuerzo pesquero efectivo dirigido hacia la especie y la captura total obtenida (Martínez & Wöhler, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010). Sin embargo, a pesar de esta situación que propicia esta condición favorable del recurso los estudios realizados con el objeto de estimar la abundancia y el potencial pesquero del *stock* de merluza negra en el Mar Argentino, señalaron una tendencia declinante de la abundancia del efectivo. Los mismos estudios revelaron que el efectivo se encontraría considerablemente disminuido respecto del existente en los inicios de la pesquería, posiblemente por el efecto de la captura excesiva a la que fue sometido en el pasado reciente, y que la fracción de reproductores se ubicaría en valores cercanos a los límites de seguridad considerados para el manejo de

pesquerías de estas características (Wöhler *et al.* (2004 a-b), Wöhler & Martínez, 2005, Martínez & Wöhler, 2006a, 2007a, 2008a).

En el presente informe se analizan y estandarizan los datos disponibles de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las embarcaciones con palangre correspondientes al período 1994-2009, 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 y se realizan proyecciones de los rendimientos futuros con el objeto de estimar Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) para el año 2010, 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 2009 (Tabla 1), discriminadas por su origen: flota de arrastreros argentinos y de palangreros nacionales y de otros países que operaron alrededor de las Islas Malvinas.
- 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 utilizó como índice de abundancia relativa para la calibración del modelo de producción de biomasa estructurado por edades, a la serie anual de CPUE, expresada como kilogramos de merluza negra por operación de pesca realizada por buques palangreros entre los años 1994 y 2009.

Con el objeto de obtener un valor medio estandarizado del efecto “Año, los registros individuales de CPUE por cada viaje de pesca fueron introducidos en un Modelo Lineal General

(GLM)” (Wöhler *et al.*; 2002, 2004 a-b, Wöhler & Martínez, 2005 c, Martínez & Wöhler, 2006, 2007, 2008).

El modelo se planteó de la siguiente forma:

$$\ln(\text{CPUE}) = \text{Constante} + \text{Año} + \text{Mes} + \text{Area} + \text{Buque}$$

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 ( $\text{CPUE}_i$ ) aplicando la transformación logarítmica:

$$\text{CPUE}_y = \text{EXP}(\ln \text{CPUE}_y) \quad \text{para } y = 1994, 1995, \dots, 2009$$

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

En la estimación de la abundancia poblacional de la merluza negra del Atlántico Sudoccidental, se utiliza, desde el año 2004, un modelo de producción estructurado por edades (ASPM). 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, 2007, 2008).

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

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

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

$$N_{t,y} = N_{t-1,y-1} e^{(-M - f^a_{y-1} S^a_{t-1,y-1} - f^p_{y-1} S^p_{t-1,y-1})} + N_{t,y-1} e^{(-M - f^a_{y-1} S^a_{t,y-1} - f^p_{y-1} S^p_{t,y-1})}$$

para  $t = 30+$  (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;

$\alpha$  y  $\beta$  parámetros de la función stock-reclutamiento de Beverton y Holt (1957), sujeta cada año a un error  $\varepsilon_y$  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 ( $BE_y^p$ ) se estimaron de la siguiente forma:

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

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

$$BE_y^p = \sum_{t=1}^{30+} (W_{t,y}^1 S_{t,y}^p N_{t,y} \exp((-M - f_y^p S_{t,y}^p - f_y^a S_{t,y}^a) * 0,50))$$

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:

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

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

Los patrones de selección fueron modelados de acuerdo a una función dependiente de la edad y del arte de pesca empleado, similar a aquella usada por [Brandão & Buterworth \(2003, 2004\)](#) en la evaluación de la abundancia de la merluza negra de las Islas Prince Edward (Áreas 58.6 y 58.7 de CCRVMA). 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  $a_{50}$ ,  $\delta$ ,  $a_c$ ,  $\omega$  y  $\nu$  son parámetros ajustados en el modelo. El parámetro  $\nu$  fue introducido como una modificación a la función original de Brandão & Buterworth, representando 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, 2004-2005, 2006 y 2007-2009, mientras que para los palangreros fueron los siguientes: 1986-2002, 2003, 2004, 2005-2006 y 2007-2009.

## 2.5. Ajuste del modelo a los índices

### 2.5.1. CPUE

En la calibración del modelo se utilizó a la serie anual de CPUE (índice 1) 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.

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



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:

$$\hat{I}_y^i = \hat{q}_y^i BE_y^P \quad y = 1994, 1995, \dots, 2004$$

$$\hat{I}_z^i = \hat{q}_z^i BE_z^P \quad z = 2005, 2006, \dots, 2009$$

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

$$q_y = \exp\left(1/n \sum_{y=1}^n \ln(I_y^1 / BE_y^P)\right) \quad y = 1994, 1995, \dots, 2004$$

$$q_z = \exp\left(1/n \sum_{y=1}^n \ln(I_z^1 / BE_z^P)\right) \quad z = 2005, 2006, \dots, 2009$$

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

### 2.5.2. Estructura de tallas

Las estructuras de tallas en las capturas de la flota arrastrera durante los años 1997, 2000, 2003-2009, y las correspondientes a las embarcaciones palangreras durante los años 2000, 2003-2009, 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).

### 2.5.3. 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:

$$\hat{I}_{t,y}^i = N_{t,y} f_y^a S_{t,y}^a / [M + f_y^p S_{t,y}^p + f_y^a S_{t,y}^a] (1 - e^{(-M - f_y^p S_{t,y}^p - f_y^a S_{t,y}^a)}) \quad y = 1994, 1995, \dots, 2004$$

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:

$$\hat{I}_{t,y}^i = N_{t,y} f_y^p S_{t,y}^p / [M + f_y^p S_{t,y}^p + f_y^a S_{t,y}^a] (1 - e^{(-M - f_y^p S_{t,y}^p - f_y^a S_{t,y}^a)}) \quad y = 1994, 1995, \dots, 2004$$

Lo mismo se consideró para  $\hat{I}_{t,z}^i$ , para ambas flotas donde  $z = 2005, 2006, \dots, 2009$

## 2.6. Función de verosimilitud

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

### Índice 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 ( $\sigma_{add}$ ) a la función de verosimilitud de este índice de la siguiente manera:

$$-\ln L_y^i = \left( \frac{1}{2(\hat{\sigma}_y^i)^2 + \hat{\sigma}_{y,add}^2} \sum (\ln(\hat{I}_y^i) - \ln(I_y^i))^2 + n^i (\ln(\sqrt{(\hat{\sigma}_y^i)^2 + \hat{\sigma}_{y,add}^2})) \right) \quad y = 1994, 1995, \dots, 2004$$

$$-\ln L_z^i = \left( \frac{1}{2(\hat{\sigma}_z^i)^2 + \hat{\sigma}_{z,add}^2} \sum (\ln(\hat{I}_z^i) - \ln(I_z^i))^2 + n^i (\ln(\sqrt{(\hat{\sigma}_z^i)^2 + \hat{\sigma}_{z,add}^2})) \right) \quad z = 2005, 2006, \dots, 2009$$

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

$$\hat{\sigma}_y^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum (\ln(\hat{I}_y^i) - \ln(I_y^i))^2} \quad ; \quad y = 1994, 1995, \dots, 2004$$

$$\hat{\sigma}_z^i = \sqrt{\frac{1}{n^i} \sum_z (\ln(\hat{I}_z^i) - \ln(I_z^i))^2} \quad z= 2005, 2006, 2009$$

Indices 2: Estructuras de tallas:

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

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

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

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 ( $\lambda$ ) 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  $\alpha$  y  $\beta$  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  $\alpha$  y  $\beta$  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  $\sigma_{add}$ , 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 que interviene en la pesquería.

### 2.7. Cálculo de la varianza e intervalos de confianza

Las varianzas y los intervalos de confianza de algunos de los parámetros obtenidos se estimaron mediante el proceso de *bootstrap* paramétrico. La técnica aplicada consiste en calcular un conjunto de valores del parámetro de interés  $Q$ , mediante la generación de un número grande de muestras al azar a partir del *bootstrap* ( $U_{máx}$ , donde  $U=1, \dots, U_{max}$ ) (Punt 1994 y Punt *et al.*, 1995). Así, el correspondiente conjunto  $(\hat{Q}_1, \hat{Q}_2, \dots, \hat{Q}_{U_{máx}})$  es estimado.

Cada una de las muestras originadas por el *bootstrap* establece nuevas series de índices para la sintonía del modelo. Estas son generadas a partir de los valores obtenidos del mejor ajuste del modelo a los datos, adicionando un término de error de acuerdo a la ecuación:

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

siendo  $\tilde{T}_y^{i,U}$  el nuevo índice de abundancia  $i$  estimado para el año  $y$  por la serie de *bootstrap*  $U$ ,  $\hat{I}_y^i$  es la estimación de la misma serie de abundancia obtenida por el mejor ajuste del modelo a los datos observados, y  $\sigma^i$  representa el desvío estándar residual para la serie de abundancia  $i$  previamente definido.

La varianza de  $\hat{Q}$  se estimó de acuerdo a:

$$Var(\hat{Q}) = 1 / (U_{máx} - 1) \sum_{U=1}^{U_{máx}} (\hat{Q}^U - \bar{Q}^U)^2$$

donde  $\bar{Q}^U$  es la media aritmética de los  $\hat{Q}^U$ .

Los intervalos de confianza fueron estimados por el método de los percentiles (Efron, 1981). Para ello se ordenaron las estimaciones ( $\hat{Q}^U$ ) producto del proceso de *bootstrap*, y fueron seleccionados los percentiles del 5% y del 95% para estimar el intervalo de confianza al 90%.

### **2.8. 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, Wöhler & Martínez, 2006a, 2007a, 2008a), 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 2009. 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 simularon 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 2010 surgen de aplicar un valor de  $f$  correspondiente a cada objetivo de manejo en el inicio de dicho año. “

### 2.9. 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 2007, considerando los patrones de selección de arrastre y palangre resultantes del ajuste del modelo y respetando la proporcionalidad de las  $f$  de cada flota para ese año.

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:

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

Captura con palangre:

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

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 proceso de *bootstrap*. 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

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

donde  $R_{m\acute{a}x}$  y  $R_{m\acute{ı}n}$  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 2007. Se asumió que en el futuro existiría una proporcionalidad, igual a la observada en dicho año,



entre las capturas de ambas flotas. Se consideraron los valores totales de captura reportados para el Atlántico Sudoccidental, se obtuvieron 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 2009 y en la magnitud de los reclutamientos. Se utilizaron los desvíos estimados mediante *bootstrap* paramétrico en el valor de la biomasa y un valor promedio para el reclutamiento. Los valores de biomasa inicial se generaron al azar, bajo el supuesto de una distribución normal con su correspondiente valor medio ( $B_{2009}$ ) 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 en diversos estudios previos de las series de CPUE estandarizadas de los buques palangreros como índices de abundancia relativa de la merluza negra del Atlántico Sudoccidental han demostrado ser un indicador apropiado del estado del recurso (Wöhler *et al.*, 2004 ayb; Wöhler & Martínez, 2005, Martínez & Wöhler 2006, 2007, 2008). La captura con palangre puede ser considerada como una pesca dirigida efectivamente hacia la especie y, además su área de operación involucra casi la totalidad del área de distribución del recurso. Sin embargo, los cambios en la modalidad de manejo de la pesquería, que se han venido implementado desde el año 2005, (Martínez & Wöhler, 2005, 2006, Wöhler & Martínez, 2005), han afectado en cierta medida la utilidad de ese índice como indicador de la abundancia del recurso. Como ya se ha comentado en estudios anteriores, la reducción del número de embarcaciones habilitados para la pesca dirigida, con la consecuente disminución de la información derivada de la flota pesquera, y la concentración de la misma en áreas de pesca muy reducidas que presentan elevados rendimientos, como son del Área de Protección de Juveniles de la especie (APJ) y de las cuadrículas de pesca 5458 y 5459 de donde provino más del 80% de la captura obtenida por ese tipo de arte, debe tenerse en cuenta al momento de analizar los resultados del modelo matemático para evaluar el estado de explotación del recurso. Asimismo, cabe considerar que las embarcaciones que han demostrado tener una mayor historia en la pesquería son a las que finalmente la Administración les otorgó la posibilidad de pescar en forma dirigida a la especie, por lo que resulta muy probable, que éstas sean las más eficientes, condicionando también a la CPUE resultante de los últimos años.

En tal sentido, y teniendo en cuentas las consideraciones anteriores, se particionó la serie de valores de CPUE estandarizadas en dos períodos distintos, 1994-2004 y 2005-2009, con la finalidad de ser utilizados como dos índices diferentes a los efectos del ajuste. La elección de cada período

obedeció principalmente a que a partir del año 2005 las medidas de manejo establecidas por el CFP modificaron la estrategia y modalidad de pesca impactando sobre la estimación de la CPUE estandarizada, por lo cual se admitiría la consideración de dos periodos con diferente coeficiente de capturabilidad.

En las Tablas 5 y 6 se resumen los resultados del test de suma de cuadrados y el análisis de varianza del modelo lineal generalizado (GLM), mientras que en la Tabla 7 figuran las medias anuales estandarizadas de CPUE (kg por operación de pesca) para el período 1994-2009.

Para estimar las CPUEs se utilizaron las capturas de merluza negra obtenidas con palangre, en kilogramos por operación de pesca.

### *3.2 Estimaciones de abundancia*

El modelo presentó un aceptable ajuste a los índices de abundancia empleados (Figura 2). Para el primer período considerado, el modelo ajusta los altos valores de CPUE y de variabilidad propia de los inicios de una pesquería (1993-1996), la paulatina disminución de los rendimientos observada entre los años 1997-2000 y la relativa estabilidad observada en la actualidad (2001-2004). En el segundo período el modelo, parte de una condición de bajos rendimientos (2005 y 2006), para luego ascender a valores un poco más elevados registrados durante los últimos años analizados. Como se ha comentado anteriormente, este incremento estaría más relacionados con el hallazgo por parte de la flota comercial de nuevas áreas de pesca con mayores rendimientos, que con una real recuperación del efectivo. Resulta importante recordar que, sin dejar de considerar a las efectivas medidas de ordenamiento implementadas por la Administración Pesquera Nacional durante los últimos años, la merluza negra posee características biológicas propias de especies con baja resiliencia, que dificultan su recuperación en el corto y mediano plazo.

El modelo también presentó un aceptable ajuste a los índices que aportan información acerca del estado de la estructura de edades de las capturas (2 al 19), (Figura 3). En cuanto a las capturas teóricas de arrastre y de palangre, tal como está formulado el modelo se ajustaron a las observadas sin error (Figura 4).

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 160 mil toneladas (BR= 130 mil t) y habría disminuido a comienzos del 2009 a unas 47 mil toneladas (BR= 39 mil t) (Figura 5), representado los valores finales un 30% respecto de aquellas existentes al comienzo de la explotación (Tabla 10).

En la Figura 6A 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 6B se grafican los valores de reclutamiento estimados (edad 1), calculados por el modelo.

### 3.3 Evaluación del potencial pesquero

En la estimación de las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA), se consideraron distintos objetivos de manejo evaluados mediante análisis de riesgo y aplicando un patrón de selección similar al que habría actuado en la pesquería durante 2009. Las CBA para el año 2010 correspondieron a 3.251, 5.661 y 3.975 toneladas, 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. Las mortalidades por pesca de referencia correspondientes al año 2009 de acuerdo con cada objetivo de manejo evaluado, y los niveles de extracción asociados al punto biológico de referencia (CBA) se presentan en la Tabla 9. Las curvas de riesgo y los porcentajes de variación de la captura total para cada uno de los diferentes objetivos de manejo propuestos se detallan en las Figuras 7 y 8, respectivamente.

En referencia a la biomasa total (Figura 9 A), se pronostica una recuperación para los tres los objetivos planteados (53%, 23% y 34%, respectivamente). Al considerar la evolución de la biomasa de reproductores (Figura 9 B), los objetivos I y III predicen una recuperación en los niveles de biomasa respecto del registrado en el 2009 (30 y 7%, respectivamente), mientras que el objetivo II pronostica una disminución (6 %) de la abundancia de reproductores respecto del valor de referencia.

Una vez más, al analizar los resultados de las proyecciones, resulta conveniente considerar los supuestos utilizados para realizar las simulaciones. La asunción acerca de los reclutamientos futuros considerando que los mismos fluctuarán alrededor del valor promedio presente durante el período analizado resulta uno de los más discutidos. Este supuesto implica un cierto grado de independencia entre la biomasa de reproductores y la fracción de reclutas y debe ser considerado con extrema precaución, teniendo en cuenta la disminución del número reclutas coincidente con los menores niveles de biomasa de reproductores observada (Wöhler *et al.*, 2004 a y b; Wöhler & Martínez, 2005; Martínez & Wöhler, 2006, 2007, 2008).

## 4. Consideraciones finales

En los últimos análisis sobre la evolución de la pesquería de merluza negra que se desarrolla en el Mar Argentino, se observó que la misma se encontraría en una situación estable en cuanto a los niveles

de captura desembarcados y a los porcentajes de juveniles presentes en las mismas (Martínez & Wöhler, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010.) La estrategia de ordenamiento establecida por las autoridades pesqueras, particularmente desde el año 2005, que involucraron la disminución de la captura total y la asignación limitada de autorizaciones de captura por parte del CFP, han sido los condicionantes de esta situación. Los resultados que surgen del presente estudio acerca del estado de explotación del efectivo, también revelan una condición de cierta estabilidad en la trayectoria de las biomazas total y reproductiva.

Sin duda alguna el esquema de ordenamiento implementando favoreció esta situación, sin embargo resulta importante recordar los pormenores que se presentaron en la estimación del índice de abundancia utilizado en el modelo de evaluación y que condicionarían en cierta medida a los resultados del mismo. El aparente incremento observado en el CPUE durante los tres últimos años podría estar reflejando cierta mejora en la condición del estado del efectivo y también ser una resultante de la disminución y concentración de la información biológico- pesquera en áreas con altos rendimientos halladas por las embarcaciones más eficientes que operan en la pesquería.

Debe recordarse que la especie posee características biológicas propias (baja fecundidad, crecimiento lento, elevada edad de primera madurez y longevidad) que la convierten en una especie vulnerable a la sobreexplotación y dificultan su recuperación. Por lo tanto se hace necesario continuar advirtiendo acerca del estado de explotación del recurso merluza negra en el Atlántico Sudoccidental y recomendar proseguir con las medidas de manejo establecidas conducentes a la sustentabilidad de la pesquería. (Wöhler *et al.*, 2004 a-b; Martínez & Wöhler, 2005- 2008).

Resulta conveniente reiterar 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 la continuidad del **Programa de Mercado y Recaptura** tal como se viene desarrollando actualmente.

## 5. Conclusiones

- El modelo utilizado (ASPM) presentó un aceptable ajuste al índice de abundancia empleado (CPUE de embarcaciones palangreras). La biomasa total inicial a comienzos del año 1986 se estimó en valores cercanos a las 160 mil toneladas (BRV= 130 mil t) y habría disminuido a comienzos del 2009 a unas 48 mil toneladas (BR= 39 mil t). La BR<sub>2009</sub> se ha estimado en el 30% de la BRV.
- 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 habría actuado en la pesquería durante 2009, fueron calculadas para el año 2010 en 3.251, 5.661 y 3.975 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.

- Las CBAs asociadas a los objetivos I y III (3.251 y 3.975 toneladas) pronostican una recuperación razonable del *stock* reproductor en el mediano plazo (10 a 15 años) entre 53% y 34%, respectivamente.

- Los resultados obtenidos en el presente análisis indican una cierta estabilidad en el estado de explotación de la merluza negra del Atlántico Sudoccidental, ubicándose en una posición más favorable tendiente a la sustentabilidad del recurso.

- Se recomienda proseguir con el mismo esquema de ordenamiento aplicado, continuando con las medidas de manejo oportunamente establecidas.

- Se recomienda la continuidad en del Programa de Marcado y Recaptura de la especie en el Mar Argentino con el propósito de identificar y confirmar la existencia de uno o más *stocks* y posibilitar, en el futuro, la utilización de métodos alternativos de evaluación de la abundancia.

## 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. *Collive 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., & 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. La pesquería de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Año 2009. Informe Interno INIDEP N° 03/10: 10 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.
- SPARRE, P & VENEMA, S. C. 1995. Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. N° 306.1 Rev.1., 440 pp.
- 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. Indices de abundancia de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) derivados de la flota comercial argentina en el periodo 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. & MARI, 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. & MARTINEZ, 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. & MARTINEZ, 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 periodo 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 ELECTRONICA C.F.P.



**Tabla 1.** Capturas nominales (toneladas) de merluza negra en el Atlántico Sudoccidental, discriminadas por flota. Período 1986 – 2009.

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

**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
$L_{\infty}$ : 184,67	a: 0,02
K: 0,065	b: 2,73
$t_0$ : -0,386	



**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	ARRASTRE									PALANGRE							
	1997	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
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
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
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
4	0,01	0,01	1,38	0,43	0,67	0,13	0,03	0,01	0,67	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
5	0,24	0,24	3,35	0,97	1,54	0,77	0,27	0,07	1,54	0,44	0,08	0,12	0,03	0,05	0,03	0,00	0,00
6	0,72	0,72	2,35	0,95	1,37	1,30	0,42	0,16	1,37	0,94	0,43	0,45	0,25	0,42	0,25	0,04	0,10
7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,39	0,21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,93	1,34	0,39	1,00
8	1,18	1,18	0,34	1,23	0,85	0,67	0,38	0,30	0,85	0,78	1,62	2,01	2,20	3,52	2,87	1,00	3,44
9	1,26	1,26	0,11	1,46	0,79	0,51	0,40	0,41	0,79	0,55	2,03	2,91	3,32	4,24	3,63	1,36	5,69
10	1,15	1,15	0,03	1,34	0,71	0,38	0,39	0,48	0,71	0,40	2,17	2,99	4,17	4,69	3,81	1,51	6,16
11	0,93	0,93	0,00	1,01	0,62	0,26	0,33	0,48	0,62	0,30	2,09	2,49	4,55	4,66	3,81	1,52	5,34
12	0,71	0,71	0,00	0,67	0,52	0,16	0,25	0,42	0,52	0,23	1,86	1,88	4,24	4,25	3,77	1,42	4,13
13	0,53	0,53	0,00	0,42	0,42	0,10	0,17	0,34	0,42	0,17	1,54	1,38	3,43	3,66	3,66	1,25	3,00
14	0,40	0,40	0,00	0,26	0,32	0,06	0,11	0,27	0,32	0,12	1,23	1,02	2,50	2,99	3,37	1,05	2,09
15	0,31	0,31	0,00	0,17	0,24	0,04	0,07	0,20	0,24	0,09	0,95	0,76	1,71	2,30	2,91	0,86	1,46
16	0,23	0,23	0,00	0,11	0,18	0,02	0,05	0,15	0,18	0,06	0,72	0,57	1,13	1,68	2,37	0,68	1,03
17	0,17	0,17	0,00	0,07	0,13	0,01	0,03	0,11	0,13	0,04	0,54	0,43	0,73	1,17	1,85	0,53	0,75
18	0,12	0,12	0,00	0,05	0,09	0,01	0,02	0,08	0,09	0,03	0,40	0,33	0,47	0,81	1,41	0,40	0,56
19	0,09	0,09	0,00	0,03	0,07	0,00	0,01	0,06	0,07	0,02	0,30	0,25	0,31	0,55	1,06	0,30	0,43
20	0,06	0,06	0,00	0,02	0,05	0,00	0,01	0,04	0,05	0,01	0,23	0,19	0,20	0,38	0,79	0,23	0,33
21	0,04	0,04	0,00	0,02	0,03	0,00	0,01	0,03	0,03	0,01	0,17	0,15	0,13	0,27	0,59	0,17	0,26
22	0,03	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,13	0,11	0,09	0,19	0,44	0,13	0,21
23	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,10	0,09	0,06	0,14	0,33	0,10	0,17
24	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,08	0,07	0,04	0,11	0,26	0,07	0,14
25	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,06	0,05	0,03	0,08	0,20	0,06	0,11
26	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,04	0,02	0,07	0,16	0,04	0,09
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,02	0,05	0,13	0,03	0,08
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,031	0,01	0,04	0,10	0,03	0,07
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,04	0,09	0,02	0,06
30+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,05	0,22	0,51	0,10	0,37

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

Parámetro	Estimación
R múltiple	0,73
R <sup>2</sup> múltiple	0,53
R <sup>2</sup> ajustado	0,52
F	57,04
p	0,00

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

Efecto	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p
Intercepto	10062,25	1	10062,25	7772,747	0,00
Año	748,92	16	46,81	36,157	0,00
Rectángulo de pesca	791,76	4	197,94	152,901	0,00
Embarcación	690,82	36	19,19	14,823	0,00
Mes	166,23	11	15,11	11,673	0,00
Error	4444,21	3433	1,29		

**Tabla 7.** Medias anuales estandarizadas de CPUE (Kg por operación de pesca) de merluza negra obtenidas por las embarcaciones palangreras durante el período 1994 - 2009, y límites inferiores y superiores de los respectivos intervalos de confianza ( $\alpha = 0,05$ ).

Año	Media CPUE	Límite Inferior	Límite Superior
1993	1057.68	703.01	1591.26
1994	816.33	606.46	1098.83
1995	852.85	730.41	995.82
1996	766.16	657.57	892.69
1997	712.56	565.84	897.33
1998	627.43	521.14	755.38
1999	524.32	440.33	624.32
2000	423.31	352.91	507.75
2001	243.29	204.17	289.91
2002	196.21	163.49	235.48
2003	186.84	156.63	222.86
2004	177.25	143.48	218.96
2005	185.04	124.23	275.61
2006	225.77	154.15	330.67
2007	460.77	313.25	677.77
2008	645.02	466.38	892.08
2009	448.21	339.29	592.10

**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	2004-2005	2006	2007-2009
$a_{50}$	6,904	3,588	3,851	4,860	4,402	8,749
$\delta$	1,405	2,493	3,288	2,229	4,121	0,645
$a_c$	0,871	30,204	23,808	6,010	17,765	28,393
$\omega$	0,006	0,050	0,172	0,210	0,225	1,926

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

Parámetros	1986-2002	2003	2004	2005-2006	2007-2009
$a_{50}$	6,865	10,829	9,408	11,222	8,313
$\delta$	0,914	0,659	0,776	0,476	1,027
$a_c$	0,555	32,294	30,863	32,111	32,664
$\omega$	2,626	1,952	0,929	0,825	0,652
$v$	1,309	0,300	0,203	0,201	0,272

**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)	
$h$	0,91
Reclutamiento medio 1986/2007 (Miles de ejemplares edad 1)	3693
Valores iniciales (año 1986)	
Biomasa total (toneladas)	160295
Biomasa de reproductores	130875
Valores a inicios de 2009	
Biomasa total (toneladas)	48612
Biomasa de reproductores	39961

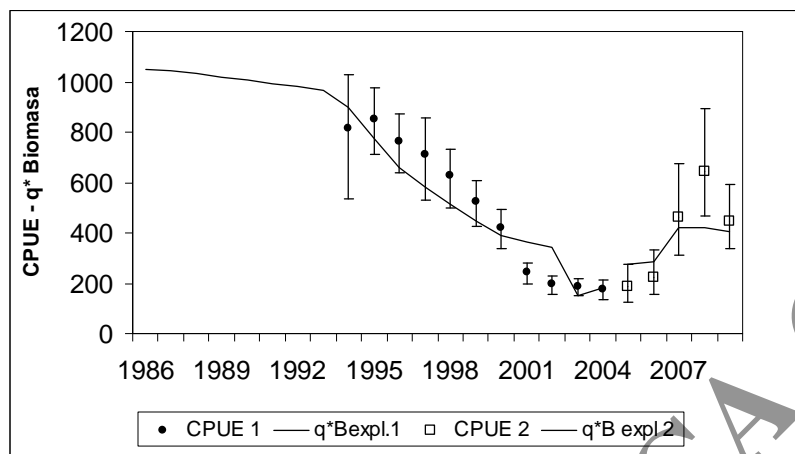
**Tabla 11.** Estimaciones de las mortalidades por pesca de referencia para las flotas arrastrera y palangrera y de las Capturas Biológicamente Aceptables (CBA) de merluza negra durante el año 2010 resultantes del análisis de riesgo, en función de los objetivos de manejo analizados, Se indican también los mínimos niveles porcentuales esperados en el mediano plazo de la biomasa de reproductores, referidos a 2009 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 (BYR).

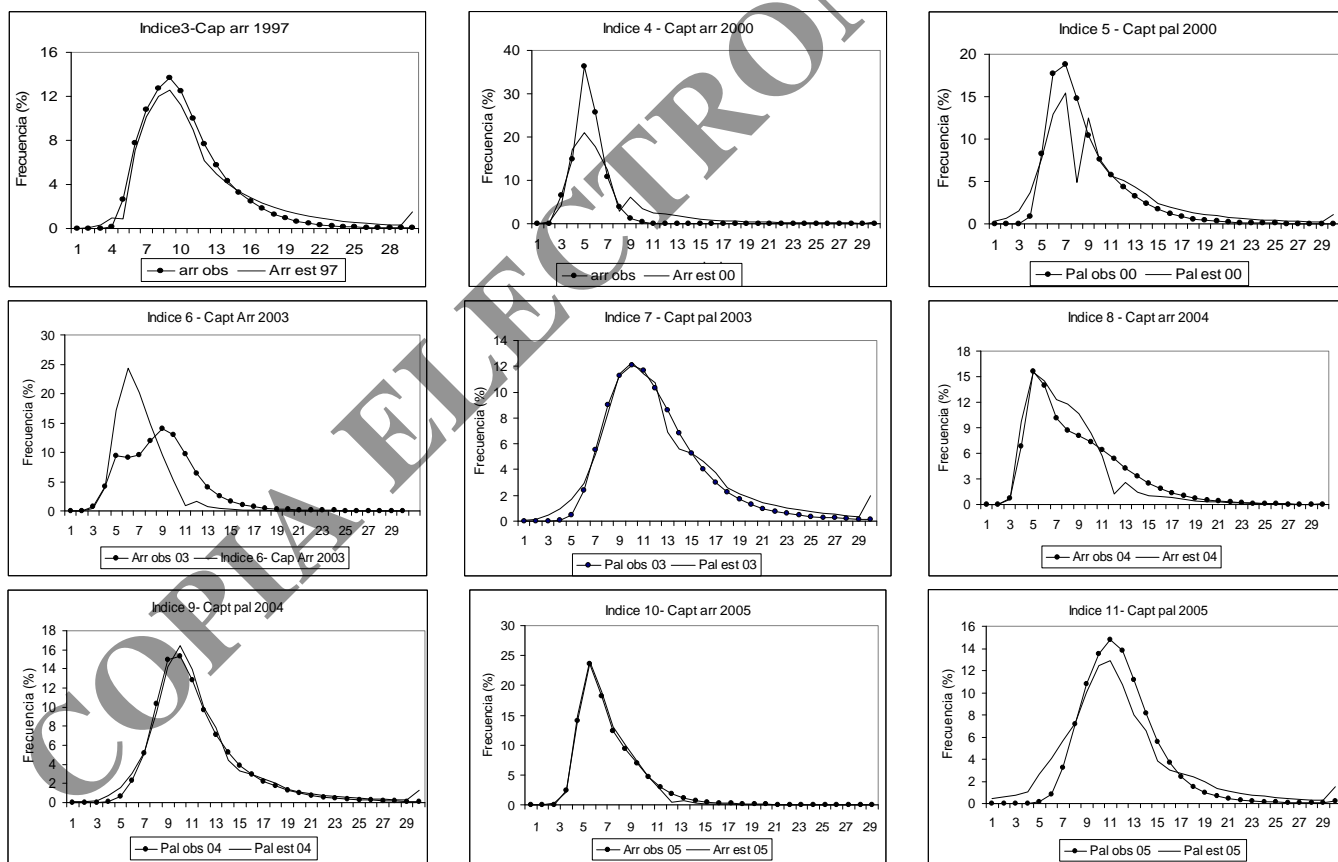
*Objetivo II.-* Límite aceptable de la abundancia de reproductores fijado en el 20% de la biomasa reproductiva virgen.

*Objetivo III.-* Mantenimiento en el largo plazo de una biomasa de la fracción adulta de la población equivalente al nivel estimado a inicios de 2009.

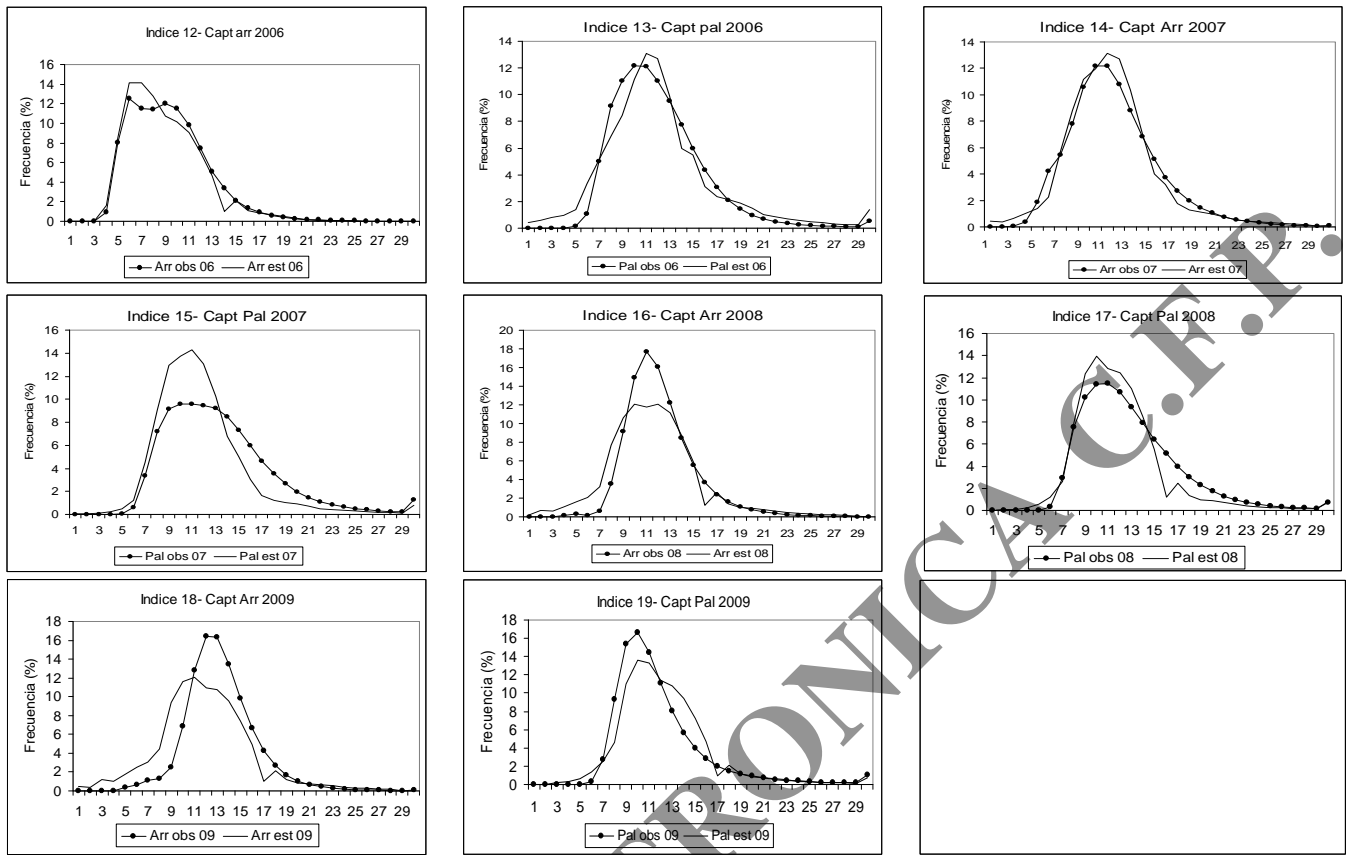
Objetivo	$f$ arrastre	$f$ palangre	CBA 2010
$BRLP > 0,3 BRV$	0,02	0,07	3251
$BRLP > 0,2 BRV$	0,04	0,12	5661
$BRLP = BR 2009$	0,03	0,10	3975



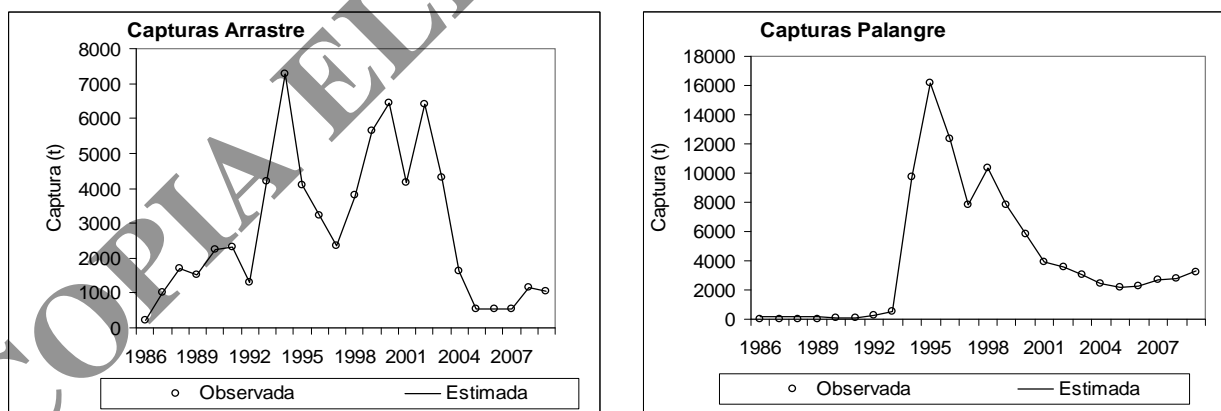
**Figura 1.** Ajuste del modelo a la serie estandarizada de CPUE de la flota con palangre (kg de merluza negra/ número de operaciones).



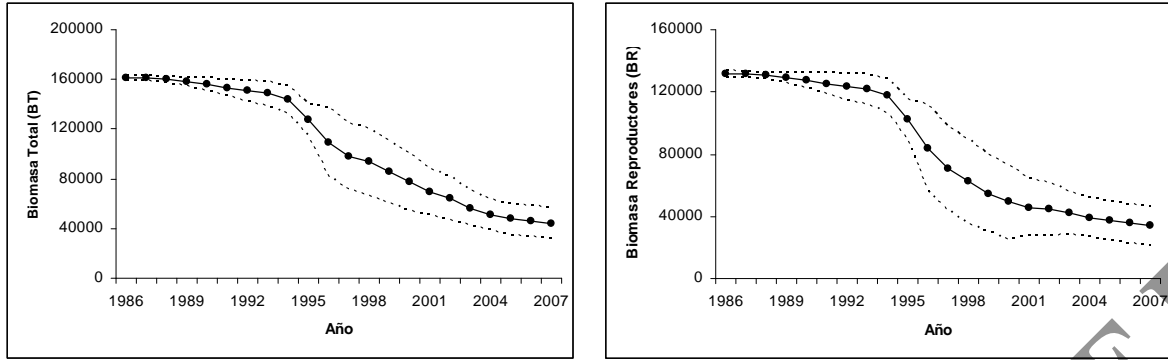
**Figura 3.** Ajuste del modelo a los índices de la estructura por edades de las capturas empleados en la evaluación de la merluza negra del Atlántico Sudoccidental.



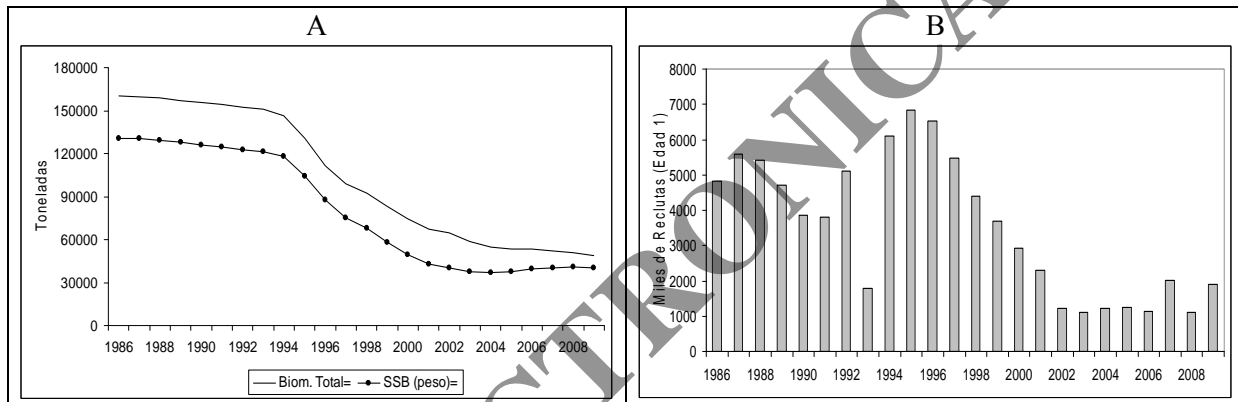
**Figura 3.** (Continuación). Ajuste del modelo a los índices de la estructura por edades de las capturas empleados en la evaluación de la merluza negra del Atlántico Sudoccidental.



**Figura 4,** Ajuste de las estimaciones del modelo a las capturas anuales observadas de merluza negra, por tipo de flota.

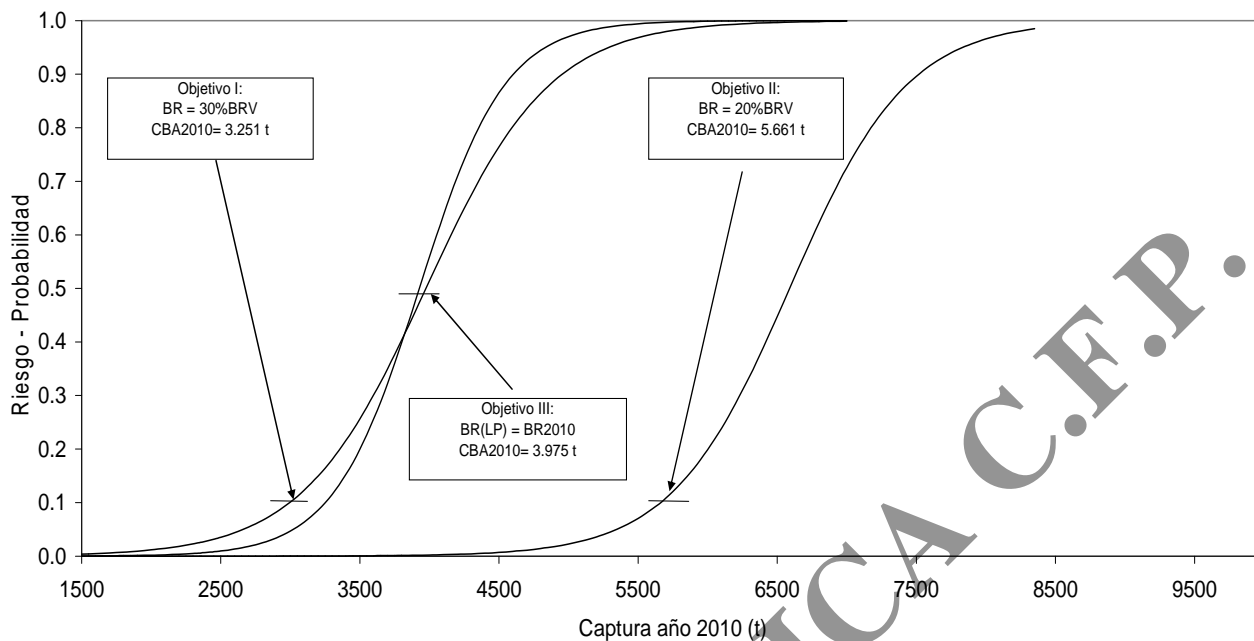


**Figura 5.** Evolución de la biomasa total y de la biomasa de reproductores de merluza negra del Atlántico Sudoccidental, según los resultados del modelo de producción de biomasa estructurado por edades.



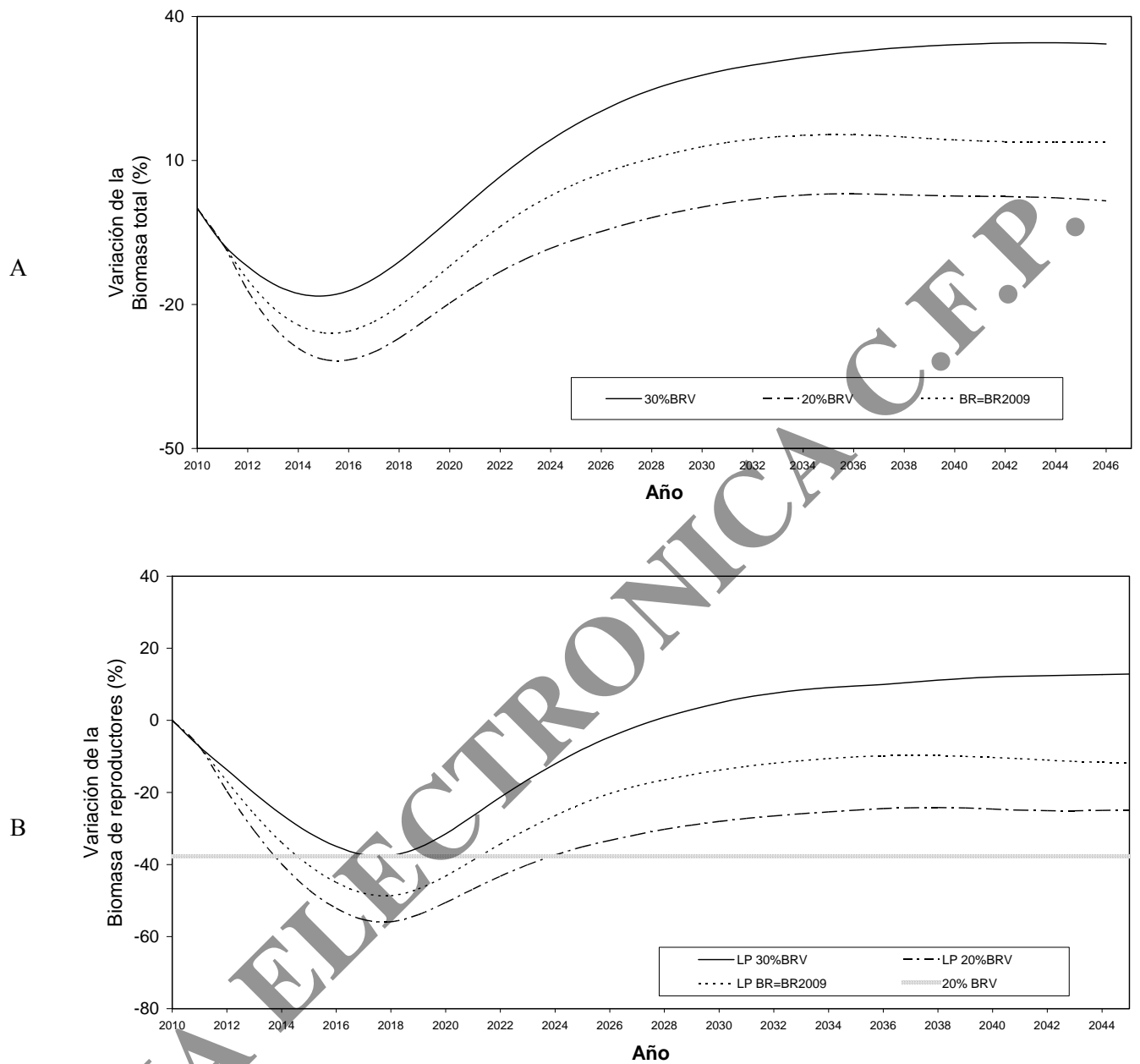
**Figura 6.** Evolución de la biomasa total y de reproductores (A), Estimación de los reclutamientos anuales (en miles de ejemplares de edad 1) a la población de merluza negra del Atlántico Sudoccidental (B).





**Figura 7.** 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 2010. 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 2009.

**Figura 8.** Porcentajes de variación de la captura total estimada según los diferentes objetivos de manejo respecto de la estimada a inicios de 2009.



**Figura 9.** 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 2009. La línea horizontal en el gráfico B destaca el nivel del 20% de la biomasa virginal de reproductores.