INIDEP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PESQUERO

INFORME DE INVESTIGACIÓN

Número	Páginas	Fecha de aprobación
038	013	22 MAY 2014

Dirección: DIRECCIÓN DE PESQUERIAS DEMERSALES

Programa / Gabinete: Pesquerías de Peces Demersales, Australes y Subantárticos

Actividad: Estimación de la abundancia del bacalao austral (Salilota australis)

ESTIMACIÓN DE LA ABUNDANCIA Y ESTADO DE EXPLOTACIÓN DEL BACALAO AUSTRAL (*Salilota australis*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL EMPLEANDO UN MODELO DE PRODUCCIÓN GLOBAL DE SCHAEFER. PERÍODO 1980-2012

Se realizó una estimación de la abundancia del efectivo de bacalao austral (*Salilota australis*) del Atlántico Sudoccidental, aplicando un modelo de producción global de Schaefer considerando el periodo 1980-2012. Los parámetros del modelo se estimaron por máxima verosimilitud realizando su ajuste con un índice de abundancia de la flota comercial (1998-2012) y, posteriormente, se realizó un análisis de riesgo biológico. Se asumió un único efectivo pesquero. La B_{2013} se estimó en 65.577 t. El decrecimiento anual promedio para los últimos cinco años (2008-2013) se estimó en aproximadamente un 7%. Se observaron riesgos "bajo" y "significativo" de que la B_{2014} disminuyera en 1, 7 y 15% respecto de la B_{2013} según las capturas propuestas para el último año del diagnóstico (2013). Aun cuando dichas capturas fueran similares a las de los últimos años, unas 9.000 t, existiría un riesgo "significativo" de que la biomasa disminuya un 7% o más. La variación porcentual de la biomasa total proyectada en el mediano plazo (2014-2018) evidenció una tendencia declinante, más acentuada para valores de capturas mayores a los actuales. En base a las estimaciones obtenidas, el efectivo podría ser considerado como en riesgo de sobreexplotación. Dada la captura incidental de la especie, se dificulta el establecimiento de medidas de manejo adecuadas para la estabilización o recuperación de su población.

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

	Institución	Cargo
SOLICITADO POR	INIDEP	DNI

PREPARADO POR

Firma: DI MARCO, EMILIANO

Nombre: JORGE

Firma:

Nombre: GIUSSI, ANALIA ROSA

APROBADO POR

Jefe de Programa / Gabinete

Director de área

Director Nacional de Investigación

Director del INIDEP

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

ESTIMACIÓN DE LA ABUNDANCIA Y ESTADO DE EXPLOTACIÓN DEL BACALAO AUSTRAL (*Salilota australis*) EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL EMPLEANDO UN MODELO DE PRODUCCIÓN GLOBAL DE SCHAEFER. PERÍODO 1980-2012

por

Emiliano J. Di Marco y Analía R. Giussi

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)
Paseo Victoria Ocampo Nº1, 7600, Mar del Plata

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

1. Introducción

El bacalao austral (*Salilota australis*) es un gadiforme que habita en el Océano Atlántico Sudoccidental desde los 38°S hasta los 55°S (Cousseau, 1993; Wöhler *et al*., 2001) y en el Pacífico desde los 40°S hasta los 57°S (Avilés y Aguayo, 1979). De característica longeva y lento crecimiento, se han detectado individuos de 17 años de edad y longitudes de hasta 80 cm LT. Alcanza su primera madurez sexual durante el cuarto año de vida, a los 38 cm LT aproximadamente (Wöhler *et al.*, 2004).

Los procesos migratorios del bacalao austral no están bien definidos (Wöhler *et al*., 2004), aunque son notorios los cambios observados en su distribución geográfica a lo largo del ciclo anual (Pérez Comas, 1980; Fortuny *et al*., 1981; Otero *et al*., 1981; Wöhler, 1987; Cassia y Hansen, 2001). Durante el invierno y la primavera tiende a concentrarse tanto al noroeste de las Islas Malvinas como en la plataforma patagónico-fueguina, en profundidades de entre 100 y 300 m. Por el contrario, durante el verano y otoño parece dispersarse en extensas zonas de la plataforma sud-patagónica. Según Pérez Comas (1980) existiría, a comienzos de primavera, un desplazamiento este-oeste hacia la costa occidental de las Islas Malvinas, donde ocurre la puesta durante octubre y noviembre.

Las capturas de bacalao austral son obtenidas en el Océano Atlántico Sudoccidental principalmente de manera incidental en la pesquería de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*). Sin embargo, la flota que opera en el área de las Islas Malvinas suele dirigir su esfuerzo al bacalao austral cuando éste se concentra con fines reproductivos (Wöhler *et al*., 2004).

Los desembarques de bacalao austral declarados en el Océano Atlántico Sudoccidental han sido muy variables durante el período 1985-2012. La máxima captura total anual declarada fue de unas 16.500 t durante el año 1999 (Di Marco y Wöhler, 2002; Gorini *et al*., 2007), debida principalmente a un aumento en el esfuerzo pesquero producido por el desplazamiento de la flota congeladora hacia la principal área de distribución del bacalao austral (sur de 48ºS). Durante el año 2001 las capturas disminuyeron considerablemente, representando un tercio de las obtenidas entre 1998 y 2000. En el período 2001-2011 oscilaron entre las 4.500 y 12.000 t. La correspondiente al año 2012 fue 8.500 t.

Las estimaciones de capturas máximas recomendadas de bacalao austral, realizadas con diferentes metodologías, han evidenciado gran variabilidad entre los años 1981 y 2001, desde 32.700 hasta 14.200 t anuales (Wöhler *et al.*, 2004). En los años 2003 y 2007 el valor de captura máxima anual sugerido fue de 5.500 t (Cordo *et al*., 2002) y 3.000 t (Di Marco *et al*., 2006), respectivamente.

El objetivo de este informe fue aplicar el modelo logístico discreto de producción excedente (Schaefer, 1954) al efectivo de bacalao austral del Atlántico Sudoccidental, que fuera previamente utilizado por Di Marco & Aubone (2008) y Di Marco & Giussi (2011) a los fines de estimar su abundancia y analizar el estado de explotación, contando con un índice de abundancia relativa proveniente de la pesca comercial (Di Marco & Giussi, 2014).

2. Materiales y métodos

2.1. Información básica utilizada

Se obtuvieron los valores de los desembarques anuales de bacalao austral a partir de la información proveniente de la estadística pesquera, generada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) con los partes de pesca realizados por los capitanes de las embarcaciones comerciales de la flota argentina, a modo de declaración jurada (Tabla 1). Dichas estadísticas fueron corregidas debido a la asignación errada de la especie bajo la denominación de brótola o bien a la localización de las capturas en áreas donde la especie no se distribuye (Di Marco & Wöhler, 2002; Gorini *et al.*, 2007; Gorini & Giussi, 2010; Gorini *et al.*, 2013). También se incluyeron las capturas obtenidas por buques extranjeros ilegítimamente licenciados por Gran Bretaña, que operaron en aguas circundantes a las Islas Malvinas para el período 1987-2012.

Se asumió que el bacalao austral en el Océano Atlántico Sudoccidental conforma un único efectivo pesquero.

La biomasa total a comienzos de 1980 (biomasa en estado de equilibrio virgen) se consideró igual a la estimación de biomasa realizada por Otero *et al.* (1981) a partir de la información proveniente de las campañas realizadas por el B/I japonés “Shinkai Maru” durante el período 1978-1979, con un valor de 201.748 t.

Tabla 1. Capturas totales anuales (t) de bacalao austral declaradas en el Atlántico Sudoccidental durante el período 1984-2012 e índice de abundancia correspondiente a la flota pesquera argentina (CPUE, en t/h).

Año	Captura (t) Flota Argentina	Captura (t) Flota Extranjera	Captura (t) Flota Ruso-Búlgara (Acuerdos Marco)	Captura total (t) Atlántico Sudoccidental	Índice Abundancia CPUE (t/h)
1984	7	----	----	7	----
1985	176	----	----	176	----
1986	2256	----	----	2256	----
1987	1477	85	325	1887	----
1988	2403	5095	465	7963	----
1989	1230	2814	370	4414	----
1990	2184	2778	400	5362	----
1991	1334	2880	70	4284	----
1992	1791	7055	30	8876	----
1993	1862	6224	1	8087	----
1994	1368	4043	----	5411	----
1995	2559	9084	----	11643	----
1996	2190	6925	----	9115	----
1997	2749	4649	----	7398	----
1998	6824	8121	----	14945	0,0458
1999	7244	9312	----	16556	0,0414
2000	9449	6550	----	15999	0,0320
2001	1708	3871	----	5579	0,0258
2002	2064	2612	----	4676	0,0235
2003	5660	2285	----	7945	0,0277
2004	4664	2780	----	7444	0,0174
2005	3169	2467	----	5636	0,0121
2006	2750	3470	----	6220	0,0179
2007	4611	5184	----	9795	0,0250
2008	8006	4076	----	12082	0,0207
2009	6920	5079	----	11999	0,0305
2010	6685	3131	----	9816	0,0267
2011	5197	4206	----	9403	0,0253
2012	3916	4630	----	8546	0,0226

COPIA ELECTRÓNICA NIDEPI

2.2. Índice de abundancia

Como índice de abundancia relativa, se utilizó aquel estimado por Di Marco y Giussi (2014) elaborado y estandarizado a partir de un Modelo Lineal General (MLG) con datos de la captura por

unidad de esfuerzo (CPUE, en t/h) de los buques congeladores pertenecientes a la flota comercial argentina que operaron durante el período 1998-2012 (Tabla 1). Este índice se consideró como representativo de la abundancia relativa de la fracción de la población de bacalao austral que se encuentra accesible a la mencionada flota.

2.3. Modelo de dinámica poblacional aplicado

Con el fin de estimar la biomasa total de la población del bacalao austral del Atlántico Sudoccidental, se aplicó un modelo de producción global de Schaefer (1954), es decir, el modelo logístico discreto con captura, a partir de información que abarcó el período de años 1980-2012. No se asumió ninguna situación de equilibrio. Aubone y Cueto (2009) explican algunos conceptos teóricos del modelo y su aplicación en planilla de cálculo Excel (Logisto v1.0) y en Aubone (2009) pueden verse explicaciones adicionales sobre los modelos logísticos discretos.

Se propuso el siguiente modelo:

$$\frac{dB_t}{dt} = r(1-\frac{B_t}{K})B_t - C_t \quad ; \text{ con } B_0 = B_{t_0} ; \quad B_0, r, K, C_t > 0 \ ; \quad B_0 \le K$$

donde

t es la unidad de tiempo (un año);

B_0 es la biomasa total inicial (en toneladas) a comienzos del año inicial t_0 = 1980;

B_t es la biomasa total (en toneladas) a comienzos del año t, para t = 1980, …, 2009;

r y K son los parámetros del modelo;

C_t es la captura total (en toneladas) del año t.

Las biomasas se consideran estimadas al 1º de enero de cada año.

En el modelo logístico discreto se asume que, sin captura, la tasa discreta de variación de la biomasa es mayor para biomasas pequeñas que para biomasas grandes.

La captura de reemplazo se define como la captura que puede realizarse en el tiempo t, de manera que en el tiempo $t+1$ la biomasa total sea igual a la del tiempo t:

$$C_{re,t} = r(1-\frac{B_t}{K})B_t$$

La producción excedente es justamente esta captura de reemplazo. Cualquier captura que sea menor o igual a la captura de reemplazo ($C_t \le C_{re,t}$) se considera una captura biológicamente sostenible, ya que se espera que la biomasa no decrezca en esta situación, en todo tiempo donde se capture bajo esta estrategia. El valor de captura máxima sostenible (*Rendimiento Máximo Sostenible*, *RMS*) es $RMS = rK/4$, y se da cuando la biomasa equivale a la mitad de aquella en estado virgen ($B=K/2$).

2.4. Ajuste del modelo y estimación de sus parámetros

La estimación de los parámetros, r y K, se realizó utilizando la herramienta *Solver* de la planilla de cálculo *MICROSOFT EXCEL* "Logisto v1.0" (Aubone y Cueto, 2009), mediante el método de máxima verosimilitud.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

La función de verosimilitud empleada fue $L = \frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^n}\left(\prod_t \frac{1}{\sigma_t}\right)\prod_t \exp\left(-\frac{1}{2}\sum_t \frac{\left(I_t - qB_{t+\Delta_t}\right)^2}{\sigma_t^2}\right)$, y su logaritmo, es decir, la función de log-verosimilitud fue $\ln L = \ln\left(\frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^n}\left(\prod_t \frac{1}{\sigma_t}\right) - \frac{1}{2}\sum_t \frac{\left(I_t - qB_{t+\Delta_t}\right)^2}{\sigma_t^2}\right)$

Maximizar *L* es equivalente al problema de minimizar la suma de los cuadrados de los errores $S^2 = \sum_t \frac{\left(I_t - qB_{t+\Delta_t}\right)^2}{\sigma_t^2}$, variando *r y K, con r, K ≥ 0*

donde $B_{t+\Delta t} = B_t + r\left(1 - \frac{B_t}{K}\right)B_t\Delta_t - C_t\Delta_t$; $\Delta_t = 0{,}5$; $t = 1998,\ldots, 2012$

La relación entre el índice de abundancia (I_t) y la biomasa media ($B_{t+\Delta t}$), correspondiente a la biomasa a mitad de año (Δ_t=0,5) en cada año *t*, se planteó como:

$I_t = q \cdot B_{t+\Delta t} + \varepsilon_t$; con $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$.

El coeficiente de capturabilidad de la flota comercial (*q*) se estimó analíticamente por medio de la fórmula derivada de aplicar el método de máxima verosimilitud a la relación entre el índice y la biomasa media.

2.5. Análisis de riesgo biológico

Para obtener un intervalo de confianza para la biomasa, se consideraron intervalos centrados en la biomasa estimada de cada año ($\hat{B}_t$). Para un nivel de confianza *α*, se debe estimar r_c:

$$Pr\left(\left|B_t - \hat{B}_t\right| < r_c\right) = 1 - \alpha$$

$$IC(\alpha): \left[\hat{B}_t - r_c; \hat{B}_t + r_c\right]$$

Para estos intervalos, 100(1-*α*) % de los valores simulados de biomasa pertenecen a los mismos.

Se definen los siguientes riesgos:

$$r_1 = Pr\left(B_{2014} < 0{,}99B_{2013}\right)$$
$$r_2 = Pr\left(B_{2014} < 0{,}93B_{2013}\right)$$
$$r_3 = Pr\left(B_{2014} < 0{,}85B_{2013}\right)$$
$$r_4 = Pr\left(B_{2014} < 0{,}30B_v\right)$$

r_1: riesgo de disminución de la biomasa del año próximo en un 1% o más, manteniendo la biomasa en el mismo nivel que el actual, asociado a diferentes valores de captura propuesta para el año actual (2013).

r_2: riesgo de disminución de la biomasa del año próximo en un 7% o más, equivalente a una tasa de decrecimiento anual de biomasa igual a aquella promedio de los últimos cinco años (2008-2013), asociado a diferentes valores de captura propuesta para el año actual (2013).

r_3: riesgo de disminución de la biomasa del año próximo en un 15% o más (equivalente a una tasa de decrecimiento anual de biomasa igual o mayor al doble de aquella promedio de los

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

últimos cinco años, 2008-2013), asociado a diferentes valores de captura propuesta para el año actual (2013).

r_4: riesgo de disminución de la biomasa, en cada uno de los años subsiguientes, por debajo del 30 % de aquella considerada en el estado virgen (punto biológico de referencia límite, *PBRL*), a partir de distintos niveles de captura anual constante propuesta para el año actual y en el corto plazo (2013-2018).

Para cada uno de los riesgos definidos anteriormente se consideraron niveles "bajo" (≈0,1) y "significativo" (≈0,5), asociados a los distintos valores de captura propuestos.

3. Resultados y discusión

La biomasa total estimada por el modelo, correspondiente al año actual (2013) fue de 65.577 t, evidenciando una disminución del 7% respecto del último año (2012), del 43% respecto de los últimos 10 años y del 68% respecto del año 1980 (Tabla 2 y Figura 1). Los intervalos de confianza de la biomasa actual estimada mostraron una amplitud prácticamente constante hacia los últimos años, siendo los valores de los límites inferior y superior del año 2013 de 31.604 y 99.551 t, respectivamente.

Tabla 2. Valores anuales de biomasa estimada B_t (t), captura declarada C_t (t) y captura de reemplazo C_{re} (t) para el período 1980-2013.

		Intervalo de confianza B_t (t)			
Año	**B_t (t)**	***Lím. inf.***	***Lím. sup.***	**C_t (t)**	**C_{re} (t)**
1980	201.748	166.394	237.102	0	1.111
1981	202.859	168.615	237.102	0	1.039
1982	203.898	170.694	237.102	0	972
1983	204.870	172.637	237.102	0	908
1984	205.778	174.454	237.102	7	848
1985	206.619	176.143	237.095	176	792
1986	207.235	177.551	236.920	2.256	751
1987	205.730	176.639	234.821	1.887	851
1988	204.694	176.081	233.308	7.963	920
1989	197.651	169.638	225.664	4.414	1.366
1990	194.603	166.941	222.265	5.362	1.548
1991	190.789	163.587	217.991	4.284	1.768
1992	188.273	161.482	215.063	8.876	1.907
1993	181.303	154.840	207.767	8.087	2.270
1994	175.486	149.221	201.752	5.411	2.547
1995	172.622	146.511	198.734	11.643	2.675
1996	163.655	137.548	189.762	9.115	3.040
1997	157.580	131.485	183.674	7.398	3.255
1998	153.437	127.391	179.483	14.945	3.388
1999	141.880	115.694	168.066	16.556	3.695
2000	129.020	102.661	155.378	15.999	3.930
2001	116.950	90.309	143.591	5.581	4.046
2002	115.416	88.385	142.447	4.676	4.054
2003	114.794	87.518	142.070	7.945	4.057
2004	110.906	83.252	138.560	7.444	4.067
2005	107.529	79.512	135.546	5.636	4.068
2006	105.961	77.425	134.497	6.219	4.066
2007	103.808	74.701	132.915	9.806	4.060
2008	98.062	68.389	127.735	12.074	4.028
2009	90.016	59.662	120.371	12.039	3.946
2010	81.924	50.827	113.021	9.723	3.819
2011	76.020	43.952	108.088	9.159	3.698
2012	70.559	37.637	103.481	8.546	3.564
2013	65.577	31.604	99.551	-	-

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

La tendencia en las estimaciones de las biomasas totales anuales del período analizado fue decreciente, siguiendo la del índice de abundancia (CPUE) empleado para la calibración del modelo (Figura 2). El índice estimado por el modelo logístico discreto, si bien refleja la tendencia general del índice resultante del MLG (Di Marco y Giussi, 2014), se alejó en algunos años, probablemente debido a que sólo una fracción de la población de bacalao austral se encuentra accesible a la flota o, bien, a que el índice no reflejó ciertas variaciones en la abundancia que pueden deberse a otros factores, tales como las variables de tipo ambiental. Entre otras de las causas podrían citarse aquellas más relacionadas con las características propias del modelo de evaluación.

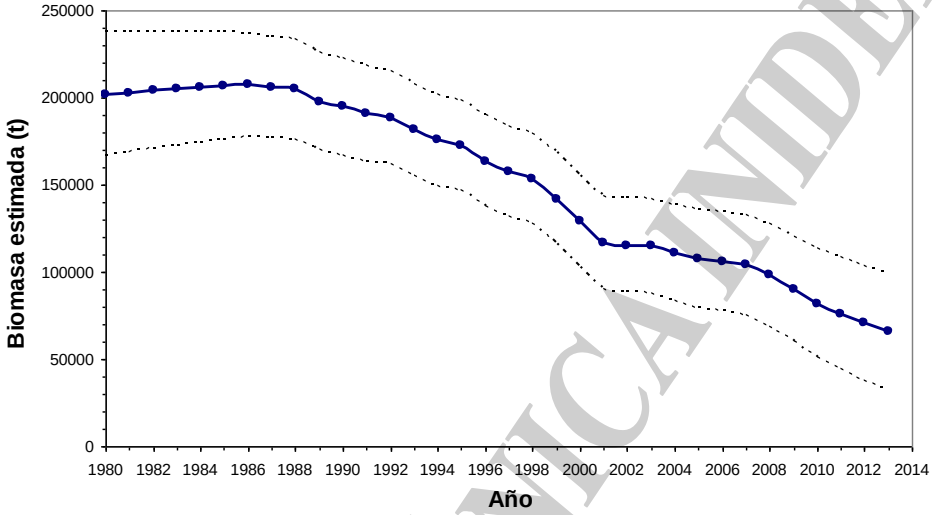

Figura 1. Evolución anual de la biomasa total (t) estimada por el modelo e intervalos de confianza. Período 1980-2013.

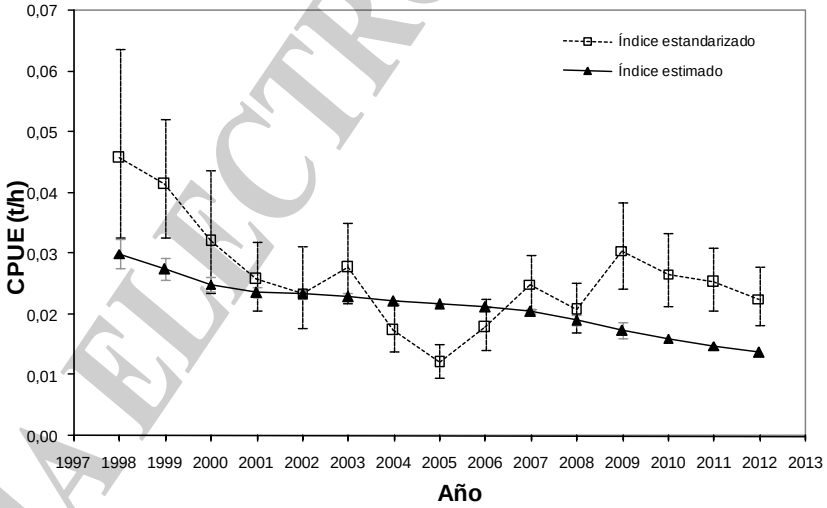

Figura 2. Ajuste entre el índice estandarizado y el índice estimado por el modelo de Schaefer. Período 1998-2012.

Analizando las estimaciones anuales de la biomasa, se observó que las correspondientes a los años 2004 y 2005, de 110.906 y 107.529 t, respectivamente, fueron similares a la biomasa óptima estimada (108.895 t), es decir, aquella que equivale a la mitad de la correspondiente al estado virgen (*K*/2). A partir del año 2005 inclusive, la biomasa se ubicó por debajo de la óptima, disminuyendo gradualmente hacia el año 2013.

De acuerdo con los resultados estimados por el modelo, la captura correspondiente al año 2013 que produciría una estabilización de la biomasa en los años próximos, en niveles similares a los del último año del diagnóstico (2013), se calculó en unas 3.425 t, aproximadamente el 37%

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

de la captura nominal promedio declarada durante los últimos tres años del análisis (9.143 t). Cualquier captura que en el año 2013 superara la anteriormente mencionada, produciría un efecto de disminución de la biomasa en 2014, y el grado de decrecimiento dependería del nivel de extracción (Tabla 2 y Figura 1).

La estimación del Rendimiento Máximo Sostenible (*RMS*) como resultado del modelo fue de 4.068 t. A partir del año 1988, las capturas declaradas anualmente siempre fueron mayores a dicho valor y las capturas de reemplazo anuales aumentaron gradualmente, hasta el año 2005, cuando el valor de la $C_{re,2005}$ coincidió con el *RMS* (Tabla 2, Figura 3). En este momento toda la producción excedente fue capturada. A partir del 2006 inclusive, y dadas las condiciones del efectivo, la captura anual de reemplazo comenzó a disminuir paulatinamente, siendo siempre menores al *RMS*, hasta llegar a unas 3.564 t en el año 2012, con capturas declaradas en el 2011 y 2012 de unas 9.159 y 8.546 t, respectivamente.

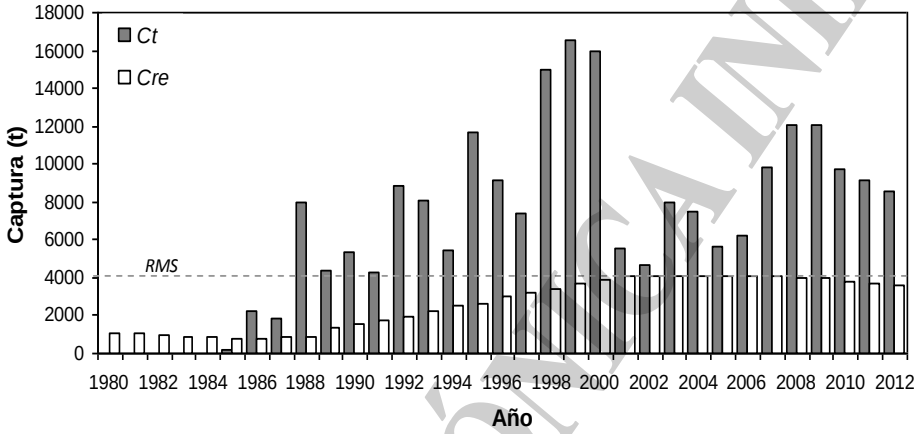

Figura 3. Captura total (C_t) anual declarada según la estadística pesquera (Gorini *et al.*, 2013) y captura anual de reemplazo (C_{re}). La línea discontinua corresponde al rendimiento máximo sostenible (*RMS*) estimado a partir del modelo de Schaefer ajustado. Período 1980-2012.

Debido a la tendencia decreciente de la población y al riesgo de sobreexplotación al que se halla sometido el efectivo, sería conveniente atenuar tal disminución y tender, al menos, a la estabilización de la biomasa. La captura incidental del bacalao austral en otras pesquerías y el manejo de los recursos de manera individual dificultan el establecimiento de regulaciones centradas en esta especie. Por tal razón, se analizó el comportamiento de la biomasa ante posibles niveles de captura.

Si la captura declarada en el año actual (2013) resultara en unas 3.300 t, valor inferior al *RMS*, el riesgo de que la B_{2014} disminuyera más de un 1% (r_1) sería "bajo" (≈0,1; Tabla 3 y Figura 4). Sin embargo, si la captura declarada en el año actual (2013) resultara igual a las 4.200 t, valor ligeramente mayor que el *RMS*, este riesgo sería "significativo" (≈0,5). Proponiendo unas 6.300 t de captura para el año actual (2013), el riesgo (≈0,1) de que la biomasa disminuya un 7% en el año próximo (2014) (r_2) sería "bajo" (≈0,1) y la biomasa en el 2014 decrecería en una proporción similar al decrecimiento anual promedio estimado para los últimos cinco años. Sin embargo, este riesgo (r_2) sería "significativo" (≈0,5) si la captura alcanzara las 8.500 t, nivel similar al de captura actual (8.546 t). Superando las 10.000 t en el año 2013, valor cercano al promedio de captura declarada de los últimos tres años, existiría un riesgo "bajo" (≈0,1) de que la biomasa en el año próximo (2014) disminuya al menos un 15% respecto del año actual (2013) (r_3), pasando a ser un riesgo "significativo" (≈0,5) si se declararan unas 14.000 t de captura.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

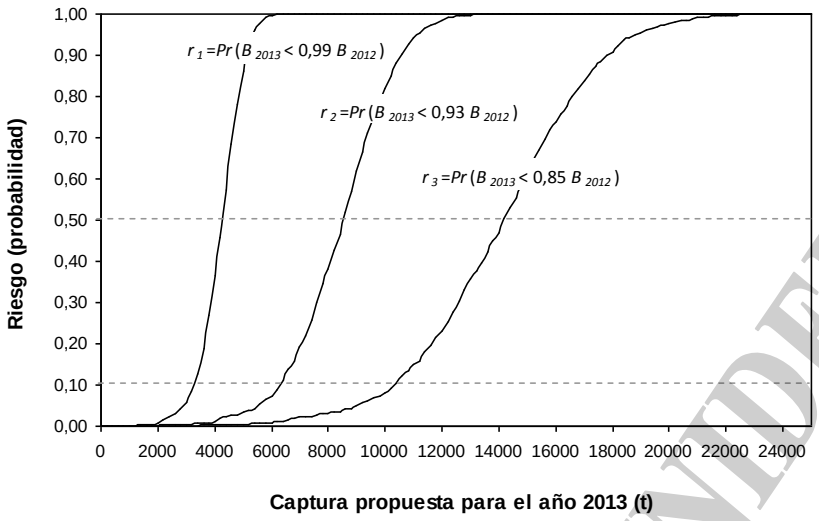

Figura 4. Curvas de riesgos r_1, r_2 y r_3 de disminución en más del 1, 7, y 15%, respectivamente, de la B_{2014} respecto B_{2013}, en función de las capturas (t) propuestas para el 2013.

Tabla 3. Riesgos r_1, r_2 y r_3 de disminución del 1, 7 y 15%, respectivamente, de la biomasa total en el año próximo (2014) respecto del año actual (2013), en función de las capturas (t) propuestas para el 2013. Los riesgos considerados "bajos" y "significativos" se indican en gris claro y oscuro, respectivamente.

C_{2013}	r_1	r_2	r_3
3200	0,0840	0,0050	0,0010
3400	0,1285	0,0070	0,0015
3600	0,1895	0,0085	0,0025
3800	0,2685	0,0095	0,0030
4000	0,3665	0,0125	0,0030
4200	0,4595	0,0180	0,0030
4400	0,5725	0,0225	0,0030
4600	0,6850	0,0255	0,0030
4800	0,7795	0,0285	0,0030
5000	0,8600	0,0330	0,0045
5200	0,9235	0,0370	0,0050
5400	0,9615	0,0420	0,0070
5600	0,9775	0,0535	0,0070
5800	0,9915	0,0665	0,0080
6000	0,9970	0,0745	0,0090
6200	1,0000	0,0890	0,0105
6400	1,0000	0,1120	0,0120
6600	1,0000	0,1375	0,0150
6800	1,0000	0,1590	0,0180
7000	1,0000	0,1930	0,0220
7200	1,0000	0,2195	0,0230
7400	1,0000	0,2580	0,0250
7600	1,0000	0,2995	0,0275
7800	1,0000	0,3475	0,0290
8000	1,0000	0,3825	0,0320
8200	1,0000	0,4275	0,0335
8400	1,0000	0,4660	0,0360
8600	1,0000	0,5200	0,0410
8800	1,0000	0,5680	0,0430
9000	1,0000	0,6210	0,0485
9200	1,0000	0,6640	0,0575
9400	1,0000	0,7130	0,0630
9600	1,0000	0,7495	0,0685
9800	1,0000	0,7815	0,0750
10000	1,0000	0,8185	0,0810
10200	1,0000	0,8510	0,0910
10400	1,0000	0,8825	0,1045
10600	1,0000	0,9035	0,1235
10800	1,0000	0,9270	0,1355
11000	1,0000	0,9435	0,1500
11200	1,0000	0,9555	0,1595
11400	1,0000	0,9660	0,1820
14200	1,0000	1,0000	0,5050
14400	1,0000	1,0000	0,5300

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

De mantenerse el mismo nivel de captura que el actual, alrededor de 8.500 t, como se mencionara anteriormente, existiría un riesgo "significativo" de que la biomasa del año 2014 disminuya por debajo del 7%, resultando en unas 60.456 t, ubicándose esta última en un nivel igual al 30% respecto de la BV (biomasa virgen), valor usualmente tomado como punto biológico de referencia límite (PBRL), el cual no es deseable alcanzar ni, menos aun, sobrepasar.

Proyectando varios niveles de captura (constantes) propuestas en el mediano plazo, las disminuciones de la biomasa serían proporcionales y acumulativas, dependiendo del nivel de extracción (Tabla 4 y Figura 5). Manteniendo constante una captura anual de 3.425 t, que produzca un mantenimiento del nivel de B_{2014}, el riesgo de alcanzar el PBRL del 30% de la BV en los años subsiguientes no resultaría significativo pero si el nivel de captura declarada fuera mayor, por ejemplo, el mismo nivel de captura que en el último año del período considerado (2012), es decir, unas 8.546 t, o un nivel mayor, digamos unas 12.000 t, los riesgos serían más significativos.

Tabla 4. Riesgo de disminución de la biomasa por debajo del 30% de la biomasa virgen (r_4) en función de distintas capturas *C* constantes propuestas para los próximos cinco años (2014-2018).

C_t (t)	r_4				
	2014	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
3.425	0,2635	0,2690	0,2730	0,2810	0,2860
8.546	0,3840	0,4990	0,6210	0,7295	0,8040
12.000	0,4555	0,6630	0,8160	0,9195	0,9680

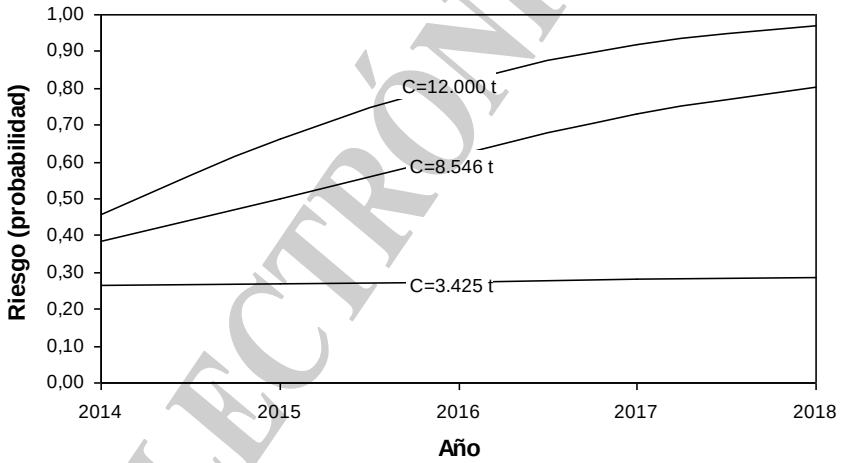

Figura 5. Curvas de riesgo de disminución de la biomasa por debajo del 30% de la biomasa virgen (r_4) en función de distintas capturas constantes propuestas para los próximos cinco años (2014-2018).

Analizando la variación porcentual de la B proyectada en el mediano plazo (2014-2018) y considerando los mismos valores de captura anual mencionados anteriormente (r_4), se observó decrecimiento en los casos de captura mayor a las 3.425 t (Figura 6). Si se aumentara la captura hasta las 8.546 t la disminución sería del 7%, similar a lo observado durante los últimos años del período analizado, manteniéndose relativamente estable en el mediano plazo. Sin embargo, capturas de 12.000 t producirían un decrecimiento continuo, disminuyendo hacia el año 2018 un 25% respecto del nivel de biomasa del 2013, el doble de la tasa de disminución que se daría con esa misma captura en el 2014.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

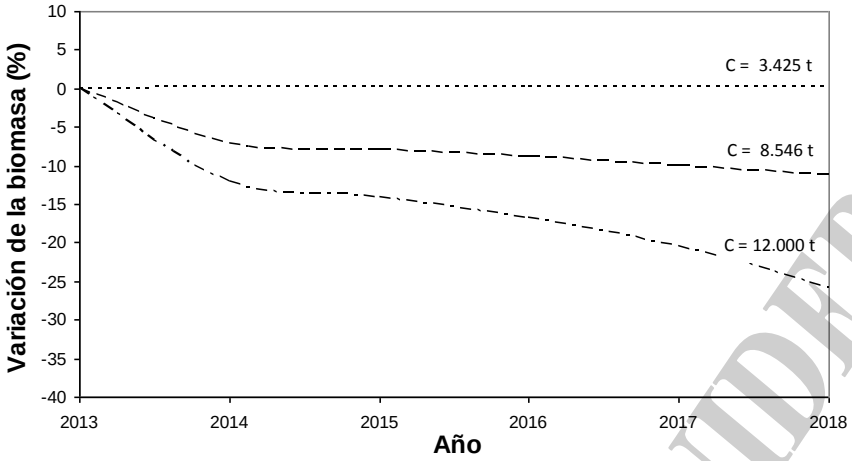

Figura 6. Proyección de la variación porcentual de la biomasa total en función de distintos límites máximos de captura anual asociados a riesgos bajos de disminución de la biomasa por debajo de cierta magnitud.

4. Consideraciones finales

De acuerdo a los datos disponibles, y mediante este modelo discreto de evaluación de abundancia, se ha estimado un nivel óptimo de biomasa media total de 108.895 t (*B=K/2*), permitiendo un rendimiento máximo sostenible de unas 4.069 t. La biomasa total actual, a comienzos del año 2013, ha sido estimada en unas 65.577 t.

Capturas obtenidas en el año 2013 que resulten cercanas a las 8.500 t provocarían un decrecimiento de alrededor de un 7% de la biomasa en el año 2014. De mantenerse un nivel de captura anual similar al de los últimos tres años, unas 9.000 t, se esperaría una reducción aún mayor, y extrayendo unas 14.000 t la reducción sería del 15%.

El riesgo de que el nivel de biomasa en el primer año proyectado (2014) se ubique por debajo del punto biológico de referencia límite usado (30% de la biomasa virgen) sería significativo si se superaran las 8.500 t de captura en el 2013, es decir, superior al valor de captura anual registrado en el año 2012.

De continuar disminuyendo la biomasa, la captura de reemplazo (producción excedente) también lo hará. De acuerdo al criterio precautorio, sería deseable determinar una estrategia que permitiera modificar esta tendencia y recuperar la biomasa a niveles más seguros y, de esta forma, obtener una mayor producción excedente, tendiendo así a una explotación óptima del recurso.

Sobre la base de las estimaciones obtenidas, el efectivo debería considerarse en riesgo de sobreexplotación. Dadas las particulares condiciones biológicas de la especie y la limitación en las medidas de manejo aplicables al bacalao austral, se dificulta la estabilización o recuperación de su población. Sería conveniente aumentar la información biológica y pesquera para mejorar el conocimiento acerca del impacto de la explotación sobre su dinámica poblacional. A fin de mejorar las estimaciones, sería relevante contar con información acerca de un índice de abundancia de la fracción de la población de bacalao austral distribuido en la región del Mar Argentino circundante a las Islas Malvinas.

5. Bibliografía

AUBONE, A. & S. J. CUETO. 2009. Herramientas para la aplicación de un modelo logístico de producción excedente de biomasa, con captura, y evaluación de riesgo biológico. Informe de Asesoramiento y Transferencia INIDEP, presentado el 07/04/09, PD INIDEP N°45, 15pp.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

AUBONE, A. 2009. Modelos discretos de dinámica de poblaciones de peces explotadas. En Lecturas de Biomatemática, Vol. 1 (Aubone, A., Ed.), 280 pp.

AVILES, S. & AGUAYO, M. 1979. Brótula. *Salilota australis* (Günther) Teleostomi Gadiformes Moridae. IFOP, Santiago de Chile, Sinopsis: 1-29.

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.

CASSIA, M.C. & HANSEN, J.E. 2001. Distribución estacional, áreas de concentración y estructura de la población del bacalao austral (Pisces, Moridae, *Salilota australis*) entre los 45° y 56°S de la zona económica exclusiva argentina. INIDEP, DNI, Informe Interno N° 85/01: 14 pp.

CORDO, H., WÖHLER, O. & CASSIA, M. 2002. Evaluación de la abundancia del bacalao austral (*Salilota australis*) del Atlántico Sudoccidental. Inf. Téc. INIDEP Nº 37/02, 15 pp.

CORDO, H.D. 2001 a. Evaluación del abadejo (*Genypterus blacodes*) en el Atlántico Sudocidental por medio de modelos de producción dinámicos. Rev. Invest. Desarr. Pesq.., 14: 79-93.

CORDO, H.D. 2001. Evaluación del estado actual del recurso abadejo y recomendaciones sobre su explotación a partir de 2002. Inf. Téc. Int. INIDEP 98/01, 17 pp.

CORDO, H.D., WÖHLER, O.C. & CASSIA, M.C. 2002. Evaluación de la abundancia del bacalao austral (*Salilota australis*) del Atlántico Sudoccidental. Informe Técnico Interno INIDEP 37/02, 15 pp.

COUSSEAU, M.B. 1993. Las especies del Orden Gadiformes del Atlántico sudamericano comprendido entre 34° y 55° S y su relación con las de otras áreas. Frente Marítimo, 13 (Sec. A): 7-108.

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.

DI MARCO, E.J. & WÖHLER, O.C. 2002. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico sudoccidental. Período 1986-2000. Inf. Téc. Int. INIDEP 68/02, 83 pp.

DI MARCO, E., GIUSSI, A. & MARTÍNEZ, P. 2006. Estimación de la abundancia y estado de explotación del bacalao austral (*Salilota australis*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1980-2005. Informe de Asesoramiento y Transferencia INIDEP Nº 45/06, 13 pp.

DI MARCO, E. & AUBONE, A. 2008. Incertidumbre en la estimación de la abundancia del bacalao austral (*Salilota australis*) del Atlántico Sudoccidental. Período 1985-2007. Informe de Investigación INIDEP Nº 34/08, 27 pp.

DI MARCO, E. & GIUSSI, A. 2014. Índice de abundancia del bacalao austral (*Salilota australis*) derivado de la flota pesquera argentina. Período 1998-2012. Informe de Investigación INIDEP Nº 27/14, 13 pp.

FORTUNY, A.; BELLISIO, N.B. & PADILLA, G.P. 1981. Contribución al estudio biológico pesquero del Bacalao austral, *Salilota australis*, Pisces, Moridae. En: Campañas de investigación realizadas en el Mar Argentino por los B/I Shinkai Maru, Walther Herwig y B/P Marburg. Años 1978 y 1979. Resultados de la parte argentina. V. Angelescu (Ed.). Contribución INIDEP N° 383: 104-118.

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.

GORINI, F.L. & GIUSSI, A.R. 2010. Actualización de la estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 1997-2009). Inf. Téc. Int. INIDEP Nº 35/10, 90 pp.

GORINI, F.L., GIUSSI, A.R. & WÖHLER, O.C. 2006. Actualización de la estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental (Período 1990-2004). Inf. Téc. Int. INIDEP 12/06, 90 pp.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

GORINI, F.L., GIUSSI, A.R., DI MARCO, E.J. & WÖHLER, O.C. 2007. Estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental. Período 1995-2006. Inf. Téc. Int. INIDEP 50/07, 80 pp.

GORINI, F.L., GIUSSI, A.R. & WÖHLER, O.C. 2013. Actualización de la estadística pesquera de peces demersales australes en el Atlántico Sudoccidental. Período 2001-2012. Inf. Téc. Int. INIDEP Nº 28/13, 75 pp.

HANSEN, J.E. & WÖHLER, O.C. 2002. Aspectos generales de la pesquería argentina de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) durante el período 1995-2001 y estimación de índices de abundancia derivados de la flota comercial argentina. INIDEP, DNI, Informe Interno Nº12/02, 13pp.

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.

OTERO, H.O., BEZZI, S.I., PERROTTA, R.G., PÉREZ COMAS, J.A., SIMONAZZI, M.A. & RENZI, M.A. 1981. Distribución, estructura de la población, biomasa y rendimiento potencial de la polaca, el bacalao austral, la merluza de cola y del calamar. En: Campañas de investigación realizadas en el Mar Argentino por los B/I Shinkai Maru, Walther Herwig y B/P Marburg. Años 1978 y 1979. Resultados de la parte argentina. V. Angelescu (Ed.). INIDEP Contr. 383: 29-41.

PÉREZ COMAS, J.A. 1980. Distribución, áreas de concentración y estructuras de la población del bacalao austral (*Salilota australis*, Günther, 1887) del Atlántico Sudoccidental. Rev. Invest. Desarr. Pesq., 2: 23-37.

POLACHEK, T.; HILBORN, R. & PUNT, A. 1993. Fitting surplus production models: comparing methods and measuring uncertainty. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50: 2597–2607.

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 and age-structured production model. S. Afr. J. mar. Sci., 16: 287-310.

SCHAEFER, M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 1(2): 27-56.

WÖHLER, O., MARTÍNEZ, P. & MARÍ, N. 2002. Estimación de índices de abundancia de merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Mar Argentino. Inf. Téc. INIDEP Nº 13/02, 35 pp.

WÖHLER, O.C & MARTINEZ, P.A. 2005. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Período 1986-2004. Inf. Téc. Int. INIDEP 15/05, 32 pp.

WÖHLER, O.C. 1987. Contribución al estudio de la distribución batimétrica de algunas especies de peces demersales y calamares en el Mar Argentino. Tesis de Grado. Univ. Nac. Mar del Plata, Fac. Cs. Exactas y Naturales. 78 pp.

WÖHLER, O.C., CASSIA, M.C. & HANSEN, J.E. 2001. Evaluación pesquera del bacalao austral (*Salilota australis*) del Atlántico sudoccidental. Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero N° 14: 23-36.

WÖHLER, O.C., CASSIA, M.C. & HANSEN, J.E. 2004. Biología y pesquería del bacalao austral (*Salilota australis*). En: SÁNCHEZ, R.P. & BEZZI, S.I. (Eds.). El mar Argentino y sus recursos pesqueros Tomo 4. Los peces marinos de interés pesquero. Caracterización biológica y evaluación del estado de explotación. Publicaciones especiales INIDEP, Mar del Plata. 4: 347-359.

WÖHLER, O.C., MARTÍNEZ, P.A. & HANSEN, J.E. 2004c. Estimación de la abundancia y el potencial pesquero de la merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) en el Atlántico Sudoccidental. Inf. Téc. Int. INIDEP 65/04, 32pp.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP