

EVALUACIÓN PESQUERA DEL BACALAO AUSTRAL (*Salilota australis*) DEL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL*

por

OTTO C. WÖHLER^{1,2}, M. CRISTINA CASSIA¹ y JORGE E. HANSEN¹

¹Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP),
Paseo Victoria Ocampo N° 1, Escollera Norte, 7600 - Mar del Plata, ARGENTINA
e-mail: owohler@inidep.edu.ar, mccassia@inidep.edu.ar, jhansen@inidep.edu.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

SUMMARY

Austral cod (*Salilota australis*) fishery assessment in the Southwest Atlantic. Information about the austral cod caught in the Patagonian shelf including the area around Malvinas Islands as well as some data from annual research surveys carried out from 1992 to 1998 were analyzed. On this basis, the fishery was studied and the abundance of the stock inhabiting southern Patagonian shelf was estimated. To calculate the optimum yield as a function of both age-at-first catch and fishing mortality, the Yield-per-Recruit model was used. Some biological reference points were also identified and an exploitation strategy based on low risk of collapse recommended. Austral cod landings, although small, showed an increasing trend as of 1990 that reached a maximum of 14,900 tons in 1998. Most of the catches (85%) were obtained by the fleet operating around the Malvinas Islands. The main fishing grounds were located off SW Malvinas during the spawning season (September-October). The austral cod biomass in the Patagonian shelf and adjacent slope, estimated with the swept area method, ranged between 101 and 208 thousand tons during the 1992-1998 period. Assuming fishing mortality rates of around 0.1-0.2, the optimum age-at-first catch was estimated at about 2.5-3.5 years (sizes between 26.8 and 33.2 cm TL). Age-at-first maturity was higher (4.18 years). The $F_{0.1}$ and $F_{30\%}$ biological reference points would be associated to high levels of biological collapse risk and should not be regarded as management objectives. On the contrary, another F reference rate (F_{safe}) would allow to keep the stock at biologically acceptable levels in the long term. Considering the mean biomass estimates during the 1992-1998 period, taking F_{safe} as an objective would imply allowing a maximum catch of 14,200 annual tons in the area where the Argentine fleet operates.

RESUMEN

Sobre la base de información proveniente de las estadísticas de desembarques de Argentina y del área de Malvinas, así como de campañas de investigación desarrolladas entre los años 1992-1998, se realizó un análisis de la pesquería de bacalao austral (*Salilota australis*) en el Atlántico Sudoccidental y se estimó la abundancia del efectivo en el sector austral de la plataforma argentina. Para calcular el rendimiento potencial óptimo en función de la edad de primera captura y de la mortalidad por pesca se aplicó el modelo de rendimiento por recluta. También se identificaron algunos puntos biológicos de referencia para el manejo de la pesquería y se recomendó una estrategia de explotación basada en una baja probabilidad de colapso. Los desembarques de bacalao austral, aunque pequeños, mostraron una tendencia cre-

* Contribución INIDEP N° 1071

ciente a partir de 1990 que alcanzó un máximo de 14.900 t en 1998. La mayor parte de las capturas (85%) la obtuvo la flota que operó en el área de Malvinas. Los principales caladeros se situaron al sudoeste de Malvinas en la época en que los individuos se agregan con fines reproductivos. La biomasa de la plataforma patagónica de Argentina y talud adyacente, estimada por el método de área barrida, varió entre 101.000 y 208.000 toneladas durante el período 1992-1998. La edad óptima de primera captura del bacalao austral para una mortalidad por pesca de 0,1-0,2 se estimó entre 2,5 y 3,5 años (tallas entre 26,8 a 33,2 cm LT). La edad de primera madurez sexual fue superior (4,18 años). Los puntos biológicos de referencia $F_{0,1}$ y $F_{30\%}$ se asociarían a altos niveles de riesgo de colapso biológico y no deberían considerarse como objetivos de manejo. Por el contrario, otra tasa F de referencia (F_{safe}) permitiría mantener el efectivo a niveles biológicamente aceptables a largo plazo. Considerando el nivel de biomasa promedio 1992-1998, la adopción de F_{safe} como objetivo equivaldría a permitir una captura máxima de 14.200 toneladas anuales en el área de acción de la flota argentina.

Key words: *Salilota australis*, biomass, fisheries, biological reference points.

Palabras clave: *Salilota australis*, biomasa, pesquerías, puntos biológicos de referencia.

INTRODUCCIÓN

El bacalao austral (*Salilota australis*) es una especie demersal, que se distribuye en los mares templado-fríos del extremo austral de Sudamérica (Avilés y Aguayo, 1979; Paulin, 1989; Cousseau, 1993). En el Océano Atlántico sus mayores concentraciones se encuentran al sur de los 44°S, entre 50 y 900 m de profundidad (Figura 1) y en aguas cuya temperatura de fondo está comprendida entre los 3° y 13°C (Pérez Comas, 1980, Wöhler, 1987).

Durante la última década, la mayor parte de sus capturas fue obtenida por la flota que operó sin licencia argentina, alrededor de las Islas Malvinas. Para la flota pesquera argentina no ha sido un objetivo directo, sino que es capturado sobre la plataforma patagónica como fauna acompañante de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y el abadejo (*Genypterus blacodes*).

Son pocos los trabajos de investigación dirigidos al conocimiento de la biología y pesquería del bacalao austral. Pérez Comas (1980), Fortuny *et al.* (1981), Otero *et al.* (1981) y Wöhler (1987) han descrito cambios a lo largo del año en la distribución geográfica de la especie, que durante el invierno tiende a concentrarse en áreas de altas densidades, mientras que durante la época estival se dispersa en extensas zonas con densidades medias y bajas.

La reproducción tiene lugar durante octubre y

noviembre, al oeste de las Islas Malvinas (Pérez Comas, 1980; Ciechomski y Booman, 1981). Existirían dos áreas de crianza, situadas respectivamente al oeste de Malvinas y frente a Bahía Grande (49°-30'S a 52°S).

El manejo de la pesquería del bacalao austral por parte de Argentina se ha realizado, hasta el presente, estableciendo una cuota global de captura derivada del concepto de rendimiento máximo sostenible (RMS) de acuerdo con el modelo de Gulland (1970). De este modo se fijó en 45.000 toneladas la captura máxima permisible para el año 1998. No obstante, se ha comprobado que la aplicación del concepto de RMS tiende a producir la sobreexplotación de los recursos pesqueros (Ludwig *et al.*, 1993). Avances recientes en el conocimiento sobre la dinámica poblacional del bacalao austral (Cassia y Wöhler, 2000) permiten que en este trabajo se utilicen modelos analíticos más confiables para evaluar la potencialidad pesquera del recurso. Para conocer las características de la explotación actual se hace un somero análisis de la pesquería, y se estima en forma directa la abundancia de la especie a partir de campañas de investigación realizadas en la última década. A través del rendimiento teórico por recluta se establecen la talla y la edad óptimas de primera captura, se identifican algunos puntos biológicos de referencia para el manejo, tales como $F_{0,1}$, $F_{30\%}$ y F_{safe} . Como resultado de ello, y con el fin de hacer un aporte al correcto manejo de la pesquería, se recomiendan niveles de explotación que se consideran sostenibles en el largo plazo.

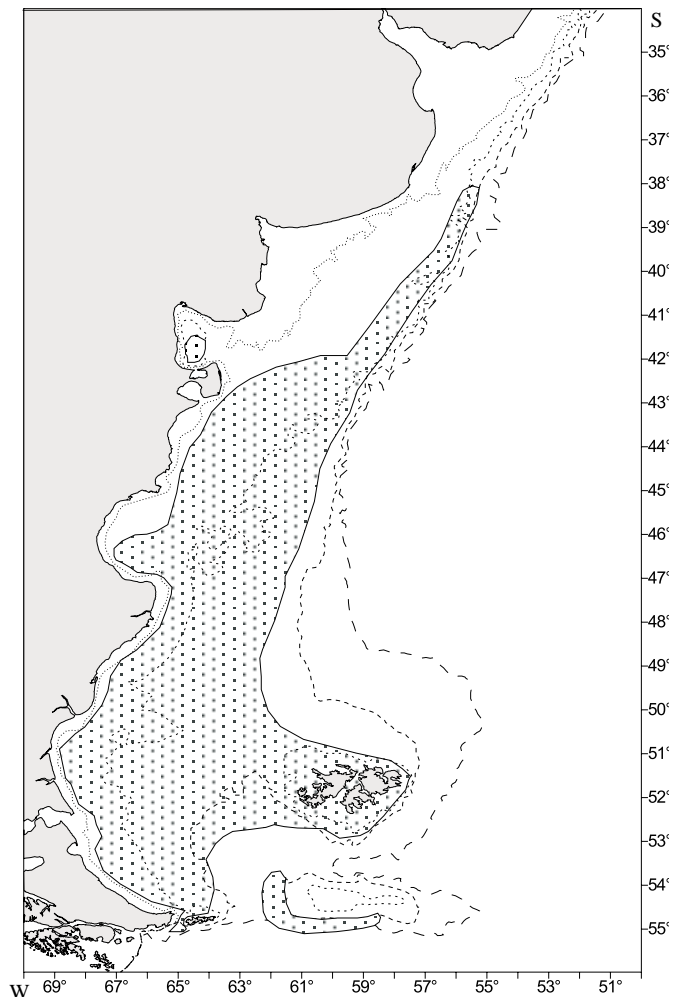


Figura 1. Distribución geográfica del bacalao austral en el Atlántico Sudoccidental.
Figure 1. Geographical distribution of austral cod in the SW Atlantic.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos básicos referentes a desembarques anuales y áreas de captura del bacalao austral provienen de las estadísticas pesqueras argentinas (SAGyP, 1995; SAPyA, 1996; SAGPyA, 1997, 1998) y de las Islas Malvinas (Cielniaszek y Nolan, 1998).

La estimación de la abundancia de la especie en el sector sudpatagónico argentino, fue realiza-

da a partir de cruceros de investigación llevados a cabo por los buques del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) de Argentina. Estas campañas, realizadas anualmente en la época estival desde 1992 hasta 1998, han sido estandarizadas con la finalidad de que las estimaciones sean comparables (Giussi *et al.*, en prensa). Las embarcaciones empleadas, BIP's "Capitán Oca Bada" y "Dr. E. L. Holmberg", son arrastreros por popa de tamaño similar (65 y 62 m de eslora). Ambos operaron redes Engel de arrastre de fondo con las mismas características. La

longitud total del equipo fue de 60 m, midiendo la relinga superior 32 m. La apertura horizontal promedio entre alas fue de aproximadamente 20 metros, y la apertura vertical de alrededor de 5 metros. La malla en las alas fue de 200 mm, mientras que en el cuerpo de la red fue de 103 mm. En todos los casos se trabajó con un sobrecopo compuesto por una malla de 20 mm. El tiempo de arrastre fue de 15 minutos, siguiéndose cada operación de pesca con sensores SCANMAR ubicados en los portones y un sonar de red SIMRAD para analizar el movimiento de los peces y el comportamiento de la red con relación al fondo.

La biomasa se calculó mediante el método del área barrida (Alverson y Pereyra, 1969), empleando un estimador de la densidad media basado en la distribución delta (Hansen *et al.*, 1998). Durante el crucero efectuado en 1998 se registraron los datos utilizados para estimar los parámetros poblacionales y la estructura del efectivo pesquero (Cassia y Wöhler, 2000). Las constantes de crecimiento y las tasas de mortalidad (Tabla 1), así como la proporción de individuos sexualmente maduros en función de la edad (Tabla 2) se calcularon en forma conjunta para ambos sexos.

Tabla 1. Parámetros poblacionales utilizados en el modelo de rendimiento por recluta (tomados de Cassia y Wöhler, 2000). L_{∞} , K y t_0 = constantes de crecimiento en longitud de von Bertalanffy; W_{∞} = peso total correspondiente a la longitud asintótica; a y b = constantes de la relación longitud-peso; M = mortalidad natural; t_r = edad de reclutamiento en el área de pesca. Entre paréntesis se indican los límites de confianza de algunos de los parámetros ($\alpha=0,05$).

Table 1. Population parameters (taken from Cassia and Wöhler, 2000) used as input for the yield-per-recruit model. W_{∞} , L_{∞} , K y t_0 = von Bertalanffy's growth equation constants, a and b = length-weight relationship parameters, M = natural mortality; t_r = age of recruitment in the fishing grounds. Confidence limits are indicated in brackets ($\alpha=0.05$).

Parámetro	Valor
W_{∞} (gr)	4372,56 (3336,0-6093,5)
L_{∞} (cm)	82,40 (74,8-93,3)
K (años ⁻¹)	0,123 (0,09-0,16)
t_0 (años)	-0,692 (-1,13--0,33)
M (años ⁻¹)	0,28
t_r (años)	3,0
a	0,0262
b	2,7258

Tabla 2. Proporción de ejemplares maduros por clase de edad (PM) estimada a partir de una campaña de investigación.

Table 2. Proportion of mature fish at age (PM) as estimated from data obtained in a research survey.

Edad	1	2	3	4	5	6	7	8-15
PM	0,00	0,02	0,13	0,43	0,79	0,95	0,99	1,00

La edad óptima de primera captura se estimó mediante el modelo de rendimiento por recluta de de Beverton y Holt (1957), cuya expresión es la siguiente:

$$Y/R = F * \exp(-M*(t_c-t_r)) * W_{\infty} * [1/Z - 3S / (Z+K) + 3S^2 / (Z+2K) - S^3 / (Z+3K)]$$

siendo $S = \exp(-K*(t_c-t_0))$ y $Z = M + F$;

donde t_c es la edad de primera captura; t_r la edad de reclutamiento al área; K , t_0 son parámetros de crecimiento en longitud del modelo de von Bertalanffy; y W_{∞} representa el peso correspondiente a la longitud asintótica (L_{∞}), F es la mortalidad por pesca, M la mortalidad natural y Z la mortalidad total.

Los puntos biológicos de referencia $F_{0.1}$ y $F_{30\%}$ fueron calculados a partir del modelo pre-

dictivo de Thompson y Bell (1934). El primero se estimó como el nivel de mortalidad por pesca referido al punto de la curva de rendimiento cuya pendiente es un 10% de la pendiente en el origen. El segundo como aquella F que mantiene en el equilibrio a la biomasa reproductiva (BR) en el 30% de aquella estimada en ausencia de pesca (BRV).

El rendimiento (captura en peso) por recluta, bajo la condición de equilibrio, se estimó mediante la expresión:

$$Y/R = \sum [N_i \cdot \bar{w}_i \cdot F \cdot S_i / ((F \cdot S_i) + M) \cdot (1 - \exp(-(F \cdot S_i) + M))] / R$$

siendo \bar{w}_i el peso medio y N_i la numerosidad por edad (i) calculada como:

$$N_i = N_{i-1} \cdot \exp(-(F \cdot S_i) + M)$$

donde N_{i-1} es la numerosidad de la edad anterior y S_i representa la selectividad para cada clase de edad.

La biomasa reproductiva por recluta (BR/R) se calculó de la siguiente manera:

$$BR/R = \sum [\bar{w}_i \cdot PM_i \cdot N_i \cdot \exp(-(F \cdot S_i) + M)] / R$$

donde PM_i es la proporción de individuos maduros por clase de edad (Tabla 2).

Para describir el patrón de selección por edad se aplicaron tres curvas distintas, cada una caracterizada por una edad de primera captura, fijada respectivamente en los 2, 3 y 4 años (Tabla 3). Este criterio se adoptó por desconocerse el patrón real que actúa en la pesquería. No obstante, Pérez Comas (1980) ha mencionado que los individuos de la especie no comenzarían a frecuentar el fondo, y por lo tanto a ser vulnerables a la acción de las redes de arrastre, antes de alcanzar una talla próxima a los 20 cm de longitud total (que correspondería a una edad de 1,6 años).

Tabla 3. Patrones de selectividad por edad (S_i) asumidos considerando como edad de primera captura a las edades 2 (A), 3 (B) o 4 (C).

Table 3. Selectivity at age (S_i) patterns adopted assuming different ages at first catch, i.e., age 2 (row A), age 3 (B) or age 4 (C).

EDAD	1	2	3	4	5	6-15
A	0,00	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00
B	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00
C	0,00	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00

Se identificó un tercer punto de referencia, el denominado " F_{safe} ", que equivale a una mortalidad por pesca asociada a una baja probabilidad (15%) de colapso del efectivo. Se consideró riesgo de colapso biológico cuando el efectivo reproductor disminuyó por debajo de un 30% de aquel considerado como virgen. El criterio del 30% está de acuerdo con las observaciones de Goodyear (1989), Clark (1991), Mathews (1991) y Patterson (1991). La estimación se realizó mediante un proceso de simulación diseñado para proyectar el estado poblacional y medir la probabilidad de colapso ante distintos niveles de explotación. En las simulaciones se utilizó el mismo modelo descrito anteriormente, aunque sin considerar la condición de equilibrio. De esta forma, la numerosidad por edad al comienzo de año se estimó como:

$$N_{i,y} = N_{i-1,y-1} \cdot \exp(-(F \cdot S_i) + M)$$

(para $i = 2, 3, 4 \dots 15$)

donde $N_{i-1,y-1}$ es la numerosidad de la edad anterior al comienzo del año previo.

Para cada año se calculó la biomasa de reproductores en el momento de la puesta, asumiendo que el 80% de la mortalidad actúa antes de esa época:

$$BR_y = \sum [\bar{w}_i \cdot PM_i \cdot N_{i,y} \cdot \exp(-((F \cdot S_i) + M) \cdot 0,8)]$$

La variabilidad en el análisis fue introducida considerando la incertidumbre en la mortalidad natural y en el reclutamiento. Los valores de M se generaron al azar, bajo el supuesto de una distribución normal, en función de su valor medio (0,28) y de un desvío fijado de modo tal que los valores esperables (en el 95% de los casos) estuvieran contenidos entre $M=0,16$ y $M=0,40$.

La generación de los valores de reclutamiento se realizó suponiendo una distribución log-normal. La variabilidad fue establecida en función de aquella observada en las estimaciones de numerosidad por edades durante las campañas de investigación (Cassia y Wöhler, 2000). En efecto, se adoptó un rango de variación máximo equivalente aproximadamente a 6 veces el valor medio, sobre la base de las bandas de predicción del 99% calculadas para la transformación lineal de la "curva de captura" (Figura 2).

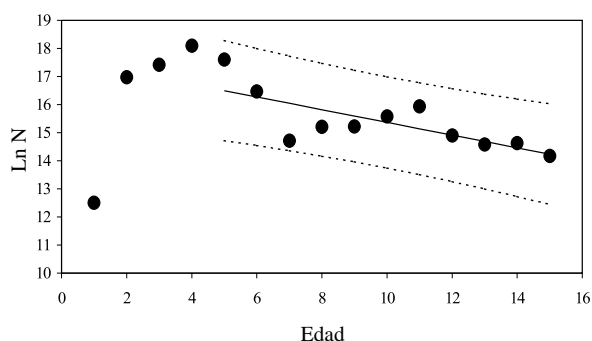


Figura 2. Composición etaria de la población estimada durante campañas de investigación (tomada de Cassia y Wöhler, 2000). Se indican las bandas de predicción (99%) calculadas para las edades 5 a 15.

Figure 2. Age composition of the stock as estimated during research surveys (from Cassia and Wöhler, 2000). Prediction lines (99%) corresponding to ages from 5 til 15 are included.

En las simulaciones se midió el riesgo biológico promedio resultante de aplicar niveles de F crecientes para un lapso de 10 años. Cada procedimiento se repitió 250 veces.

Para estimar niveles de captura biológicamente aceptables, se proyectaron los rendimien-

tos correspondientes a los distintos valores de F de referencia. A este fin, se partió calculando los números por edad que, en la población en equilibrio, originarían una biomasa igual al promedio de aquella observada en el período 1992-1998. La incertidumbre en la estimación del valor medio de la biomasa se incluyó como única fuente de variabilidad en cada una de estas simulaciones. La captura en peso se estimó de la siguiente manera:

$$C = \sum [\bar{w}_i * (F * S_i / ((F * S_i) + M)) * N_i * \exp - ((F * S_i) + M)]$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desembarques totales, áreas y épocas de explotación

Los desembarques declarados de bacalao austral en el Atlántico Sudoccidental han presentado una ligera tendencia creciente durante la última década (Figura 3).

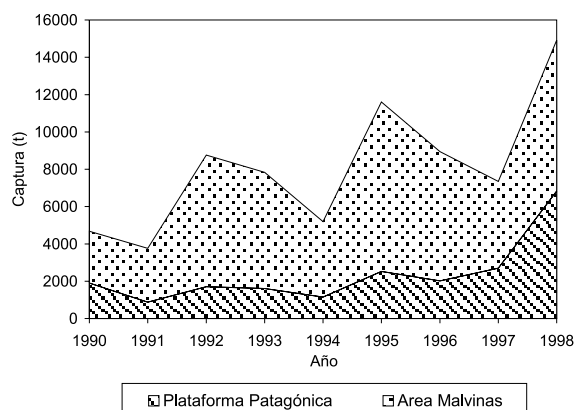


Figura 3. Desembarques totales anuales de bacalao austral en el Atlántico Sudoccidental. Período 1990 - 1998.

Figure 3. Total annual landings of austral cod in the SW Atlantic. Period 1990 - 1998.

Las capturas de la flota argentina han sido muy

pequeñas y llegaron a un máximo de 6.823 toneladas en 1998¹. La mayor parte de los desembarques (Figura 4) correspondió a la acción de buques de otros países que han operado alrededor de las Islas Malvinas, alcanzando un promedio anual de 5.747 toneladas en el período 1990-1998. La captura de bacalao austral en el área de Malvinas se obtiene principalmente como fauna acompañante de la merluza de cola al oeste del archipiélago. Sin embargo, una parte de esta flota

dirige su esfuerzo a la especie durante los meses de setiembre-octubre, cuando se producen las concentraciones reproductivas al sudoeste de las Islas (Cielniaszek y Nolan, 1998). En esta época se alcanzan los mayores rendimientos (Figura 5). Por el contrario, para la flota argentina el bacalao austral es siempre una especie acompañante de la merluza de cola, y las áreas de mayores capturas corresponden a la zona donde la flota opera sobre este recurso.

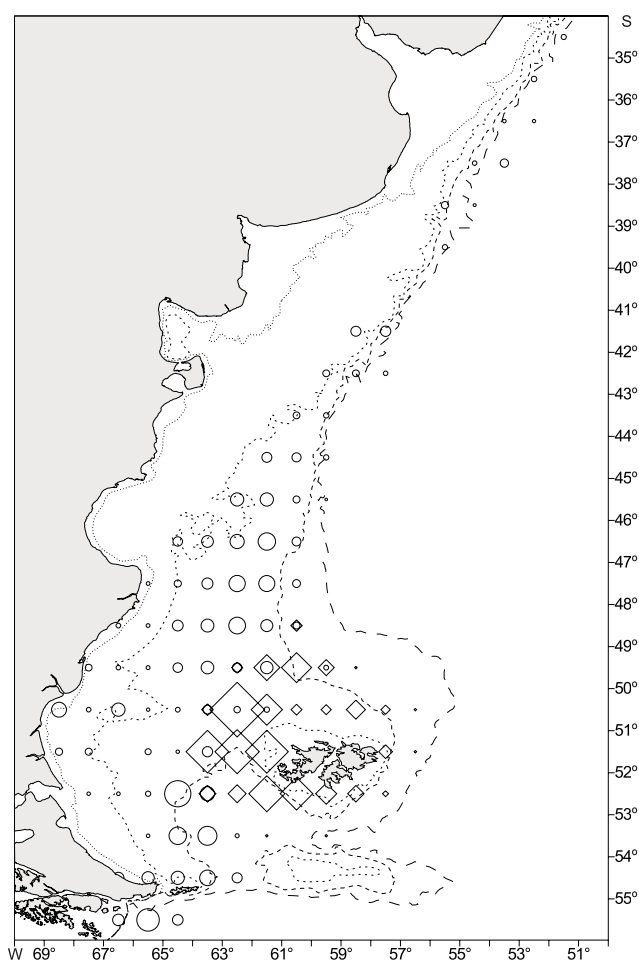


Figura 4. Localización de las capturas comerciales de bacalao austral. En círculos, capturas de la flota argentina como promedios de los años 1990 - 1998. En rectángulos, capturas de los buques sin licencia argentina.

Figure 4. Commercial fishing grounds of austral cod. Circles symbolize Argentine fleet catches as mean values corresponding to the 1990 - 1998 period. Rectangles represent catches of fishing vessels without an Argentine license.

¹ Unas 3.200 de estas toneladas han sido registradas erróneamente como “brótola” en la estadística oficial de ese año.

Estimaciones de la abundancia

En la Tabla 4 se observa el resultado de las estimaciones de biomasa del bacalao austral durante la época estival, cuando el efectivo se dispersa sobre la plataforma (Pérez Comas, 1980; Wöhler, 1987). Los valores de biomasa corresponden al período 1992-1998 y al área de 101.509 mn² comprendida entre los 45° y 55° S de latitud y las profundidades de 50 a 400 m. En la tabla se indican también la densidad media y los límites de confianza de dichas estimaciones.

La biomasa ha oscilado alrededor de un promedio de 156 mil toneladas, con valores mínimos y máximos de 101 y 208 mil toneladas, respectivamente. Las campañas de investigación no han cubierto la totalidad del área de distribución de la especie, y en consecuencia dichos valores sólo representan la abundancia del recurso en el área de acción de la flota argentina.

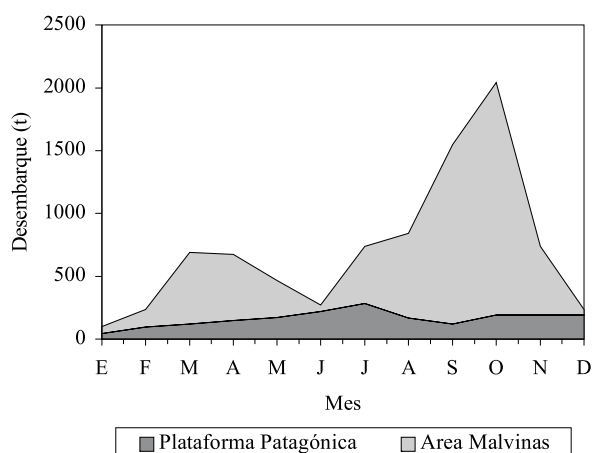


Figura 5. Desembarques mensuales medios (1992 - 1997) de bacalao austral en la plataforma sudpatagónica y en el sector de las Islas Malvinas.

Figure 5. Austral cod mean landings per month (1992 - 1997) in both Southern Patagonian shelf and the zone around the Malvinas Islands.

Tabla 4. Estimaciones de densidad media y biomasa del bacalao austral resultantes de campañas de investigación llevadas a cabo en la plataforma sudpatagónica de Argentina entre los años 1992 y 1998.

Table 4. Austral cod mean density and biomass as estimated by research surveys carried out in the Southern Patagonian shelf between 1992 and 1998.

Año	1992	1993	1994	1995	1997	1998
Densidad media (t/mn ²)	1,6782	1,7467	1,2731	0,9986	2,054	1,4567
Lim. Inf. dens. (t/mn ²)	1,0425	1,0158	0,7808	0,7058	1,2771	1,0452
Lim. Sup. dens. (t/mn ²)	2,9761	3,3822	2,2902	1,4858	3,6252	2,1313
Biomasa (t)	170.352	177.305	129.231	101.367	208.499	147.868
Lim. Inf. Biom. (t)	105.823	103.113	79.258	71.645	129.637	106.097
Lim. Sup. Biom. (t)	302.100	343.323	232.476	150.822	367.990	216.346

Edad y talla óptima de primera captura

Las curvas de rendimiento por recluta (Figura 6) muestran un rápido incremento correspondiente a niveles bajos de edad de primera captura (t_c) y mortalidad por pesca (F). Sólo indican un máximo definido para valores de t_c inferiores a los 2 años. La edad óptima de primera captura,

esto es, la que produce el máximo rendimiento, varía de acuerdo con la mortalidad por pesca ejercida. Para valores de F inferiores a M, la t_c óptima se sitúa entre los 2 y los 4 años. De acuerdo con la tasa de crecimiento de la especie (Cassia y Wöhler, 2000) los ejemplares de dichas edades alcanzarían tallas entre 23 y 36 cm de longitud total.

La edad de primera maduración sexual (cuando el 50% de los individuos han madurado al menos una vez), determinada a partir de la observación macroscópica de las gónadas de ambos sexos, es de 4,18 años (Cassia y Wöhler, 2000). Pérez Comas (1980) ha indicado una edad algo menor, entre los 3 y 4 años. Esto implica que, manejando el recurso en un marco conceptual precautorio, debería establecerse una edad de primera captura ligeramente superior a aquella que produce el máximo rendimiento, para permitir que los peces se reproduzcan al menos una vez antes de ser capturados. Se desconoce la talla de primera captura determinada por las redes de arrastre que actúan sobre la especie. La malla permitida para la explotación de peces demersales en el Mar Argentino es de 120 mn en el copo.

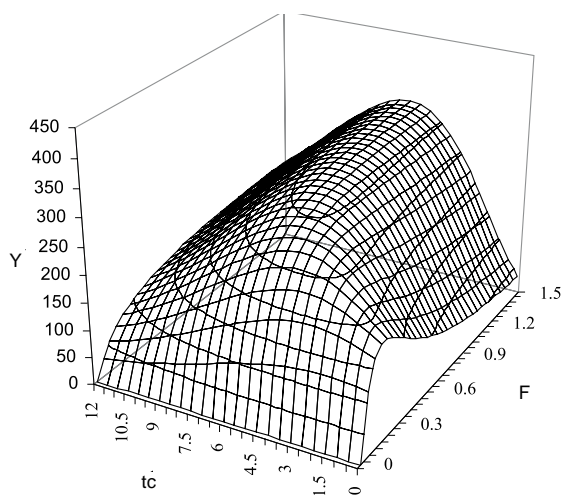


Figura 6. Curvas de rendimiento por recluta del bacalao austral estimadas asumiendo una mortalidad natural $M=0,28$.

Figure 6. Austral cod yield-per-recruit curves estimated assuming a natural mortality $M=0.28$.

Puntos biológicos de referencia

Las tasas de mortalidad por pesca $F_{0.1}$, $F_{30\%}$, F_{safe} y actual (1998), calculadas considerando los tres patrones de selectividad anteriormente definidos, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de las tasas de mortalidad por pesca de referencia $F_{0.1}$, $F_{30\%}$, F_{safe} y F actual (1998) estimadas para la pesquería del bacalao austral en función de diversos patrones de selección.

Table 5. Estimated $F_{0.1}$, $F_{30\%}$, F_{safe} and current F (1998) reference fishing mortality rates for austral cod as a function of different selection patterns.

Tasa F	Patrón de selección		
	A	B	C
$F_{0.1}$	0,206	0,234	0,282
$F_{30\%}$	0,210	0,247	0,326
F_{safe}	0,118	0,132	0,160
F_{1998}	0,124	0,132	0,146

Las dos primeras presentan valores muy próximos y representarían tasas de explotación relativamente elevadas ($0,42 < F/Z < 0,54$). En general, la $F_{0.1}$ ha sido considerada como un objetivo de manejo (FAO, 1993) y, en ocasiones, puede resultar útil para establecer un criterio de explotación de un recurso cuya respuesta a la pesca intensiva se desconoce (Wöhler y Cordo, 1999). Sin embargo, también puede asociarse a una alta probabilidad de sobreexplotación cuando, como en este caso, se aproxima al valor de $F_{30\%}$ (Wöhler, 2000). Esta última tasa es considerada como un punto de referencia límite, que es preferible no sobrepasar (Mace, 1994). Por el contrario, la F_{safe} constituye claramente un punto de referencia más conservativo, que resulta coincidente con la mortalidad por pesca ejercida durante 1998. Para el bacalao austral, las curvas de riesgo de colapso biológico (Figura 7) alcanzan niveles demasiado elevados, y por lo tanto inaceptables, tanto para $F_{0.1}$ como para $F_{30\%}$, mientras que, por definición, esto no ocurre con el riesgo correspondiente a la F_{safe} , ni en este caso, para la F_{1998} . Un ejemplo de las proyecciones realizadas para la estimación de F_{safe} asumiendo el patrón de selección B se muestra en la Figura 8.

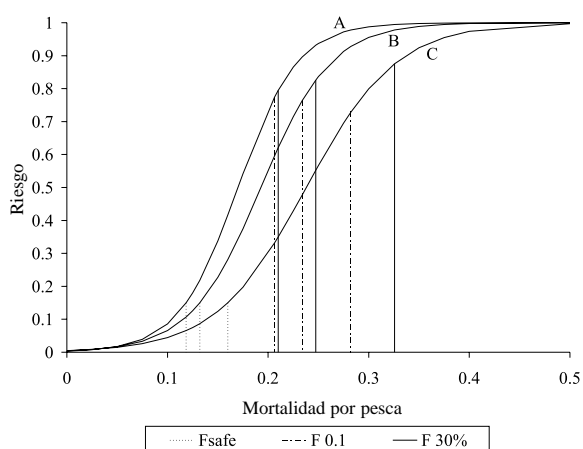


Figura 7. Curvas de riesgo de colapso biológico resultantes de aplicar niveles crecientes de mortalidad por pesca asociadas a cada uno de los patrones de selección establecidos (A, B y C).

Figure 7. Curves representing the risk of biological collapse as a result of increased levels of fishing mortality associated to the three different selection patterns (A, B and C).

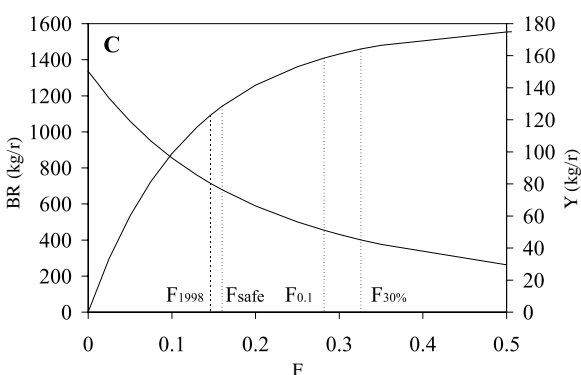
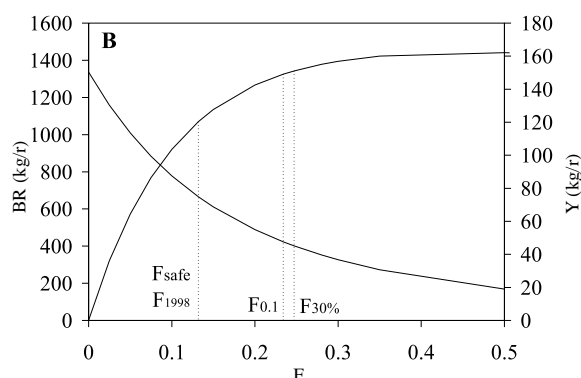
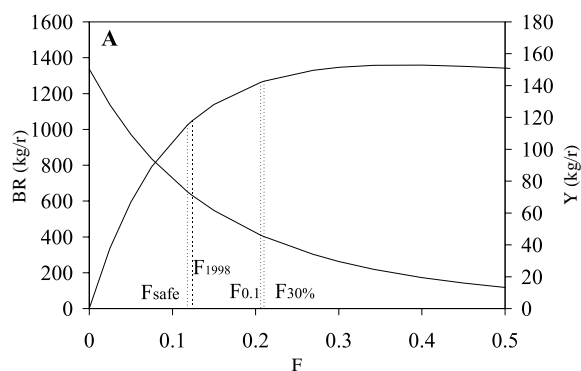


Figura 9. Curvas de rendimiento (Y) y biomasa reproductiva por recluta (BR) asumiendo edades de primera captura de 2 (A), 3 (B) o 4 (C) años, donde se indican los puntos biológicos de referencia $F_{0.1}$, $F_{30\%}$ y F_{safe} , así como la mortalidad por pesca actual (1998).

Figure 9. Curves representing yield-per-recruit (Y) and reproductive biomass - per - recruit (BR) for different ages at first catch, i.e. 2 years (A), 3 years (B) or 4 years (C). The $F_{0.1}$, $F_{30\%}$ and F_{safe} biological reference points and the current fishing mortality (F_{1998}) are indicated in every case.

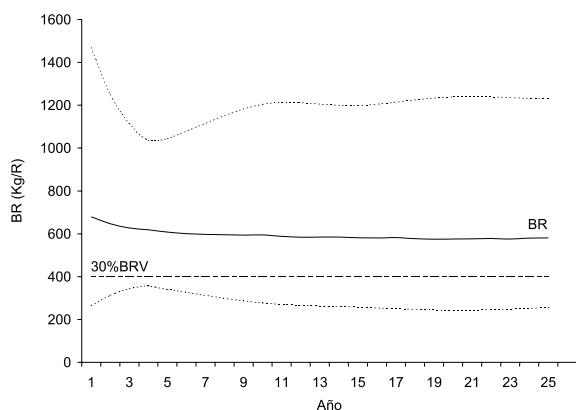


Figura 8. Proyección de la biomasa reproductiva (BR), expresada en kilogramos por recluta, realizada para estimar el punto de referencia F_{safe} asumiendo el patrón de selección B. Se indican los límites de confianza de la biomasa y el nivel de referencia del 30% de la biomasa reproductiva virgen (30%BRV).

Figure 8. Projection of the spawning stock biomass (BR) in kilograms per recruit, as performed to estimate the reference fishing mortality F_{safe} , using the selection pattern B. Biomass confidence limits and the 30% reference level of the virgin spawning stock biomass (30%BRV) are indicated.

La F_{safe} se estimó a partir del punto en que la biomasa reproductiva se estabilizó en el largo plazo. A partir de allí, en un 15% de las simulaciones realizadas, el valor de BR disminuyó por debajo del 30% de la BRV.

En la Figura 9 (A-C) se han dibujado las curvas de rendimiento y biomasa reproductiva por recluta correspondientes a los tres patrones de selección asumidos, identificándose en cada caso los respectivos puntos de referencia. Aunque la aplicación de F_{safe} produciría rendimientos por recluta un 20% menores que aquellos que serían generados por $F_{0.1}$ y $F_{30\%}$, la biomasa de reproductores se mantendría en un nivel mucho más seguro, entre un 49% y un 51% de la BRV. Adoptar esta estrategia respetaría el enfoque precautorio que debe ser prioritario en el manejo de recursos, en particular cuando la relación entre abundancia del efectivo reproductor y número de reclutas no es suficientemente conocida (Thompson, 1992; FAO, 1995).

Capturas biológicamente aceptables

Las proyecciones de capturas con cada una de las mortalidades por pesca de referencia se

pueden observar en la Tabla 6. Se calcularon estimando en primera instancia el número de ejemplares por edad que, en el equilibrio, generaría una biomasa de 155.000 toneladas, que es la abundancia promedio en la plataforma patagónica evaluada por el método de área barrida durante el período 1992-1998.

Como se expresó anteriormente, de los tres puntos de referencia considerados en el presente análisis sólo uno (F_{safe}) puede ser recomendado como objetivo para la explotación del bacalao austral, porque tanto $F_{0.1}$ como $F_{30\%}$ implicarían un alto riesgo para el recurso. Debe reiterarse que, al menos hasta que se cuente con información acerca de la relación *stock*-recluta de esta pesquería, se debe actuar en forma precavida acerca de los niveles de extracción permitidos.

La elección del nivel de 0,3 como límite para la relación BR/BRV ha tenido en consideración las observaciones generales de Goodyear (1989) quien ha señalado que, en especies de cierta longevidad, dicho valor podría ser razonable, mientras que 0,2 constituiría un umbral por debajo del cual el reclutamiento disminuye indefectiblemente. Sin embargo, el mismo autor indica que un nivel conservativo promedio podría situarse entre 0,5 y 0,65.

Tabla 6. Proyección de capturas con cada uno de los supuestos acerca del patrón de selección y para los tres niveles de F de referencia ($F_{0.1}$, $F_{30\%}$ y F_{safe}).

Table 6. Austral cod catches projected with different fishing patterns and the three reference fishing mortalities ($F_{0.1}$, $F_{30\%}$ and F_{safe}).

F	Patrón de Selección								
	A			B			C		
	Captura (t)	I.C. Inf. (t)	I.C. Sup. (t)	Captura (t)	I.C. Inf. (t)	I.C. Sup. (t)	Captura (t)	I.C. Inf. (t)	I.C. Sup. (t)
$F_{0.1}$	22.914	13.100	33.713	25.413	12.970	35.460	26.967	16.631	39.166
$F_{30\%}$	25.377	14.611	36.448	26.083	15.149	37.466	23.322	12.751	35.351
F_{safe}	14.020	6.661	20.242	14.171	7.267	21.843	16.299	8.698	23.906

El conocimiento del patrón de selección constituye también un factor de importancia para identificar los puntos de referencia (Wöhler, 2000). Si aumenta el nivel de explotación, el patrón de selección por edad puede determinarse con mayor precisión. Como aproximación inicial, parecería apropiado considerar el patrón intermedio de los que se han analizado (patrón B) para efectuar las recomendaciones de captura.

En consecuencia, podría establecerse en principio una extracción máxima de hasta 14.200 toneladas anuales para el bacalao austral presente en la plataforma sudpatagónica. Dicha recomendación considera niveles de riesgo aceptables (15%) tendientes a garantizar la sustentabilidad del recurso en el largo plazo.

CONCLUSIONES

Los desembarques de bacalao austral por parte de Argentina han sido hasta el presente muy pequeños, arribando a un valor máximo en 1998 próximo a las 6.800 toneladas. La mayor parte de las capturas en el Atlántico Sudoccidental durante la década de los '90 correspondió a la flota que operó sin licencia argentina (5.747 toneladas promedio anuales para el período 1990-1998).

Los principales caladeros de la especie se sitúan al sudoeste de Malvinas, donde los individuos se agregan con fines reproductivos (setiembre - octubre).

La biomasa en la plataforma patagónica de Argentina y talud adyacente entre 1992 y 1998, estimada por el método de área barrida, osciló entre 101 y 208 mil toneladas.

La edad óptima de primera captura del bacalao austral para una mortalidad por pesca de aproximadamente 0,1-0,2 fue estimada entre 2,5 y 3,5 años, cuando los ejemplares alcanzan tallas de 26,8 a 33,2 cm de longitud total. La edad de primera maduración sexual es superior (4,18

años) y en consecuencia sería aconsejable que la pesquería actuase inicialmente sobre una edad mayor que aquella que produce el máximo rendimiento.

Dos de los tres puntos biológicos de referencia analizados ($F_{0.1}$ y $F_{30\%}$) implicarían altos niveles de riesgo de colapso biológico y no pueden ser considerados como objetivos de manejo. Por el contrario, la aplicación de otra mortalidad por pesca de referencia (F_{safe}) permitiría mantener al efectivo en niveles biológicamente aceptables en el largo plazo.

Considerando la abundancia actual del recurso en el sector austral de la plataforma argentina (45°-55°S) y una tasa de mortalidad por pesca de bajo riesgo ($F_{safe}=0,13$), resultaría recomendable establecer el límite máximo de captura en un valor cercano a las 14.200 toneladas anuales. Dicha captura es similar a la obtenida durante 1998 (14.922 t), por lo que puede asumirse que el bacalao austral se encuentra sometido a una tasa de explotación apropiada para la conservación del recurso en el largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVERSON, D.L. & PEREYRA, W.T. 1969. Demersal fish explorations in the Northeastern Pacific Ocean. An evaluation of exploratory fishing methods and analytical approaches to stock and yield forecast. J. Fish. Res. Board Can., 26 (8): 1985-2001.
- AVILES, S. & AGUAYO, M. 1979. Brótula. *Salilota australis* (Günther) Teleostomi Gadiformes Moridae. IFOP, Santiago de Chile, Sinopsis, 29 pp.
- BEVERTON, R.J.H. & HOLT, S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. UK Ministry of Agriculture and Fisheries, Series 2, 19: 1-533.
- CASSIA, M.C. & WÖHLER, O.C. 2000. Estructura

- etaria y parámetros poblacionales del Bacalao austral, *Salilota australis* en el Atlántico Sudoccidental. Inf. Téc. Int. DNI-INIDEP N° 31/00, 9 pp.
- CIECHOMSKI, J.D. & BOOMAN, C.I. 1981. Descripción de embriones y de áreas de reproducción de los granaderos *Macrourus whitsoni* y *Coelorhynchus fasciatus*, de la polaca *Micromesistius australis* y del bacalao austral *Salilota australis* en la zona patagónica y fueguina del Atlántico Sudoccidental. Physis, 40 (98): 5-14.
- CIELNIASZEK, Z. & NOLAN, C.P. 1998. Fisheries statistics, Volumen 2, (1989-1997). Fisheries Department, Malvinas Islands, 75 pp.
- CLARK, W.G. 1991. Groundfish exploitation rates based on life history parameters. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 734-750.
- 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 (A): 7-108.
- FAO. 1993. Reference points for fishery management: their potential application to straddling and highly migratory resources. FAO Fish. Circ. 864: 1-52.
- FAO. 1995. Precautionary approach to fisheries. Part 1: guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and species introductions. FAO Fisheries Technical Paper, 350, Part 1, Rome, 52 pp.
- FORTUNY, A., BELLISIO, N.B. & PADILLA, G.P. 1981. Contribución al estudio biológico pesquero del bacalao austral, *Salilota australis*, Pisces, Moridae. En: ANGELESCU, V. (Ed.) Campañas de investigación realizadas en el Mar Argentino por los B/I "Shinkai Maru" y "Walther Herwig" y el B/P "Marburg", años 1978 y 1979. Resultados de la parte argentina. Contr. 383. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq. (Mar del Plata): 104-118.
- GIUSSI, A.R., HANSEN, J.E. & WÖHLER, O.C. (En prensa). Estimated total abundance and numbers - at - age of Long tail hake (*Macruronus magellanicus*) in the Southwest Atlantic during the years 1987-2000. Scientia Marina, 66, 14 pp.
- GULLAND, J.A. 1970. The fish resources of the Ocean. FAO Fish. tech. Pap. 97, 425 pp.
- GOODYEAR, C.P. 1989. Spawning stock biomass per recruit: the biological basis for a fisheries management tool. En: ICCAT Working Document SCRS /89/82. Southeast Fisheries Center, Miami, Florida, USA: 487-497.
- HANSEN, J.E., AUBONE, A. & WÖHLER, O.C. 1998. Revisión de dos metodologías basadas en datos de área barrida para estimar la biomasa de una especie demersal. Resúm. Trab. XIII Simp. Cient.- Tecnológ. Com. Téc. Mix. Fr. Mar., 23-25 Nov. 1998, Mar del Plata: 5-6.
- LUDWING, D., HILBORN, R. & WALTERS, C. 1993. Uncertainty, Resource Exploitation, and Conservation: Lessons from History. Science, 260: 17-36.
- MACE, P.M. 1994. Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51: 110-122.
- MATHEWS, C.P. 1991. Spawning stock biomass-per-recruit analysis: A timely substitute for stock recruitment analysis. Fishbyte, 9 (1): 7-11.
- OTERO, H.O., BEZZI, S.I., PERROTTA, R.G., PEREZ 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 el calamar. En: Campañas de investigación realizadas en el Mar Argentino por los B/I "Shinkai Maru" y "Walther Herwig" y el B/P "Marburg", años 1978 y 1979. Resultados de la parte argentina. Contr. 383. Inst. Nac. Invest. Desarr. Pesq. (Mar del Plata): 29-41.
- PATTERSON, K.R. 1991. An overview of objec-

- tives for fisheries management. *Fishbyte*, 9 (1): 31-36.
- PAULIN, C.D. 1989. Review of the morid genera *Gadella*, *Physiculus* and *Salilota* (Teleostei: Gadiformes) with descriptions of seven new species. *N. Z. J. Zool.*, 16, (1): 93-133.
- PEREZ COMAS, J.A. 1980. Distribución, áreas de concentración y estructura de la población del bacalao austral (*Salilota australis*, Gunther, 1887) del Atlántico sudoccidental. *Rev. Inv. y Desarr. Pesq.*, 2: 23-37.
- SAGyP, 1995. Flota pesquera argentina. Capturas marítimas totales. 1994. Secr. Agr. Gan. y Pesca, Argentina, 24 pp.
- SAPyA, 1996. Flota pesquera argentina. Capturas marítimas totales. 1995. Secr. Agr. Pesca y Alim., Argentina, 23 pp.
- SAGPyA, 1997. Flota pesquera argentina. Capturas marítimas totales. 1996. Secr. Agr. Gan. Pesca y Alim., Argentina, 45 pp.
- SAGPyA, 1998. Capturas marítimas totales. 1997. Secr. Agr. Gan. Pesca y Alim., Argentina, 45 pp.
- THOMPSON, G.G. 1992. A bayesian approach to management advice when stock-recruitment parameters are uncertain. *Fish. Bull.*, 90: 561-573.
- THOMPSON, W.F. & BELL, F.H. 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effects of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep. Int. Fish. (Pacific halibut) Comm.*, 8, 49 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. 2000. Rendimiento potencial e incertidumbre en la estimación de puntos biológicos de referencia de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. *Frente Marítimo*, 18 (A): 135-141.
- WÖHLER, O.C. & CORDO, H.D. 1999. Estimación del nivel óptimo de mortalidad por pesca y riesgo de sobreexplotación de la castañeta (*Cheilodactylus bergi*). *Rev. Invest. Desarr. Pesq.*, 12: 19-25.

Recibido: 12-08-1999

Aceptado: 04-07-2000