

# EVALUACION DEL RECURSO MERLUZA COMUN (*MERLUCCIUS GAYI*) DE LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE POR ANALISIS DE REDUCCION DE STOCK

## STOCK ASSESSMENT OF THE CHILEAN HAKE (*MERLUCCIUS GAYI*) OFF CENTRAL-SOUTHERN CHILE BY STOCK REDUCTION ANALYSIS

---

Luis Cubillos<sup>1</sup> y Hugo Arancibia<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se realiza una evaluación del stock de merluza común (*Merluccius gayi* Guichenot, 1848) explotado en la zona centro-sur de Chile (30°S-40°S), mediante el método Análisis de Reducción de Stock (ARS) en el período 1940-1991, con el objeto de estimar la captura máxima equilibrada (CME) en función de la tasa de mortalidad por pesca. Los resultados indican que la CME alcanza a 78 mil toneladas a una tasa de mortalidad por pesca óptima de 0,70 año<sup>-1</sup>. La evaluación de merluza común por el ARS concuerda con aquella obtenida por otros métodos de evaluación, apreciándose una recuperación de la biomasa del recurso durante la década de los ochenta.

*Palabras claves:* Captura máxima equilibrada (CME), pesquería demersal, dinámica poblacional.

### ABSTRACT

A stock assessment of the Chilean hake (*Merluccius gayi* Guichenot, 1848) exploited off Central-Southern Chile is done, through the Stock Reduction Analysis method (SRA), for the period 1940 to 1991. The objective is to estimate the maximum sustainable yield (MSY) as a function of the fishing mortality. The results showed that MSY reaches 78 thousand ton with a fishing mortality of 0.70 year<sup>-1</sup>. The assessment of the Chilean hake by SRA is in agreement with those results obtained by another stock assessment models, where it is appreciated a recovery of the Chilean hake biomass during the 1980s.

*Key words:* Maximum sustainable yield (MSY), demersal fishery, populations dynamics.

### INTRODUCCION

La explotación comercial de merluza común (*Merluccius gayi*) se inicia en Chile en 1938 (Yáñez *et al.* 1985), aumentando progresivamente los desembarques desde menos de 20 mil toneladas, entre 1940 y 1946, hasta alrededor de 90 mil toneladas anuales entre 1961 y 1967. En 1968 se

logra el desembarque más alto en la historia de la pesquería (128 mil toneladas), para iniciar posteriormente una progresiva declinación hasta 1976 (Fig. 1). Subsecuentemente, hasta 1987, los desembarques se estabilizan en alrededor de 30 mil toneladas anuales y luego inician nuevamente una tendencia al aumento, alcanzando a 63 mil toneladas en 1991.

---

<sup>1</sup> Instituto de Investigación Pesquera, Octava Región, Casilla 350, Talcahuano, Chile.

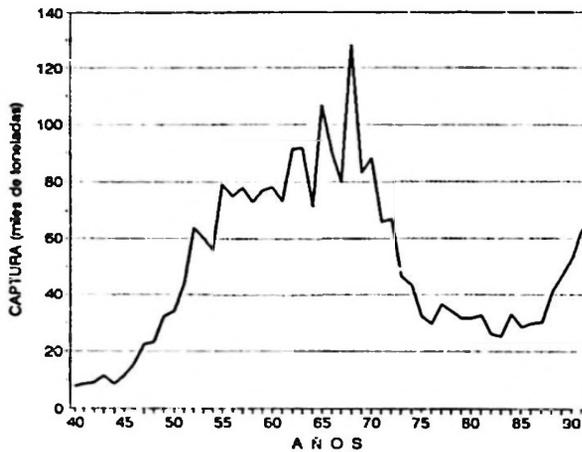


Figura 1. Evolución histórica de los desembarques de merluza común entre 1940 y 1991 (Fuente: Servicio Nacional de Pesca).

La evolución histórica de los desembarques de merluza común ha motivado que las investigaciones biológico-pesqueras se orienten a analizar la situación del recurso, utilizándose para ello varios modelos de evaluación de stock. Aguayo & Robotham (1984) señalan que la biomasa total de merluza común se habría reducido en 55% entre 1966 y 1982, a partir de una biomasa total de 505 mil toneladas en 1966, estimada por Análisis de Población Virtual (APV). Estos autores estiman, además, una captura máxima equilibrada de 92 mil toneladas para el período 1962-1972, y de 39 mil toneladas entre 1973 y 1981, utilizando modelos de producción. Similares resultados informan Yáñez *et al.* (1985); recientemente, Bustos *et al.* (1991) comunican un aumento en la biomasa total del stock de merluza común hacia fines de la década de los años ochenta.

El objetivo de este estudio es evaluar al recurso merluza común mediante el método Análisis de Reducción de Stock, estimándose la captura máxima equilibrada en función de la mortalidad por pesca.

## MATERIALES Y METODOS

El Análisis de Reducción de Stock (ARS) es un método de evaluación que se clasifica dentro de los modelos de producción, y utiliza las capturas anuales, la ecuación de captura de Baranov y de biomasa con pasos de retardo (Kimura *et al.* 1984, Kimura 1985, 1988).

La expresión básica del ARS es la siguiente:

$$B_t = (1 + p)s_{t-1}B_{t-1} - ps_{t-1}s_{t-2}B_{t-2} + R_t - pws_{t-1}R_{t-1} \quad (1)$$

donde el subíndice  $t$  representa años;  $B_t$  es la biomasa del stock a comienzos de cada año;  $p$ , es el coeficiente de crecimiento de Brody;  $s = \exp[-(M+F)]$ , es la tasa de sobrevivencia;  $R_t$  es el reclutamiento a la biomasa del stock explotable (en peso y en filo de cuchillo);  $w = (w_{k-1}/w_k)$ , es la razón de pesos promedio, donde  $k$  es la edad de reclutamiento;  $M$ , es la tasa de mortalidad natural; y  $F$ , es la tasa de mortalidad por pesca.

En este estudio, para la merluza común se supone una relación stock-recluta del tipo Ricker (1975), cuya expresión, en términos del ARS, es la siguiente:

$$R_t = R_1(B_{t,k}/B_1)\exp[a(1 - B_{t,k}/B_1)] \quad (2)$$

donde  $R_1$  es el reclutamiento en peso correspondiente a una fracción de la biomasa inicial  $B_1$  y  $a$  es un parámetro que da la forma a la relación stock-reclutamiento (Kimura 1988).  $R_1$  se estima mediante la siguiente ecuación:

$$R_1 = B_1[(1 - \exp(-M)) + p(\exp(-2M) - \exp(-M))]/(1 - pw\exp(-M))$$

donde los parámetros  $M$ ,  $p$ ,  $w$ , y  $B_1$  se han definido previamente. La biomasa inicial ( $B_1$ ) representa la biomasa virgen o ligeramente explotada, y se consideró una condición pesimista en su estimación, es decir, un nivel de biomasa cercano al valor mínimo que permita una completa solución de la serie de captura utilizada, la cual cubre desde 1940 a 1991 (Fig. 1). En este sentido, la biomasa inicial resulta ser de 450 mil toneladas a comienzos de 1940.

El coeficiente de crecimiento de Brody se estimó según la expresión:

$$p = (1 - w_k/W_\infty)$$

donde  $w_k$  es el peso promedio a la edad de reclutamiento  $k$ , y  $W_\infty$  es el peso asintótico; habiéndose utilizado los pesos promedio a edad comunicados por Aguayo & Ojeda (1987). Se consideró que el reclutamiento al stock capturable ocurre a la edad 5.

La tasa de mortalidad natural para machos y hembras, en conjunto, se consideró en  $0,3 \text{ año}^{-1}$ . Esta corresponde a un valor intermedio entre

0,24 año<sup>-1</sup>, estimado por la ecuación de Pauly (1980) con los parámetros de crecimiento comunicados por Aguayo & Ojeda (1987) y para una temperatura de 11°C; y el valor de M igual a 0,4 año<sup>-1</sup>, estimado por la ecuación de Rikther y Evanof (1976), para una edad de primera madurez sexual a los 4 años (Bustos *et al.* 1991).

La estimación de la biomasa equilibrada ( $B_{eq}$ ) en función de la mortalidad por pesca ( $F_{eq}$ ) se estima por la ecuación:

$$B_{eq} = (B_1/a) \text{Log}_e [\exp(a) c_0 / (c_1 B_1)]$$

donde  $c_0 = R_1 (1-pws)$ , y  $c_1 = 1 - (1+p)s + ps^2$ , siendo los parámetros  $B_1$ ,  $R_1$ ,  $a$ ,  $p$ ,  $w$ , y  $s$ , definidos previamente.

Las capturas equilibradas se calculan desde  $B_{eq}$  mediante la ecuación  $Y_{eq} = E B_{eq}$ , donde  $E$  es la tasa de explotación definida por:

$$E = F[1 - \exp(-(F+M))] / (F+M)$$

Finalmente, se realiza un análisis de sensibilidad de los resultados, en este caso de la captura máxima equilibrada y de la tasa de mortalidad por pesca óptima ( $F_{op}$ ), según un cambio porcentual de -20% a 20% en los parámetros de entrada al método:  $B_1$ ,  $a$ , y  $M$ , que son aquellos de mayor incertidumbre en su estimación.

Tabla 1. Parámetros de entrada al Análisis de Reducción de Stock aplicado al recurso merluza común de la zona centro-sur de Chile.

Parámetro	Definición y unidad	Valor
M	Mortalidad natural (año <sup>-1</sup> )	0,3
p	Coefficiente de crecimiento	0,82
w	Razón de pesos promedio <sup>a</sup>	0,69
$B_1$	Biomasa inicial (miles de ton.)	450,00
a	Parámetro de la relación stock-recluta tipo Ricker	1,9
k	edad de reclutamiento al stock (año)	5

<sup>a</sup> Calculada a partir de los parámetros de crecimiento en peso:  $W_{\infty} = 3196,3$  g;  $K = 0,139$  año<sup>-1</sup>; y  $t_0 = -0,923$  años; comunicados por Aguayo y Ojeda (1987).

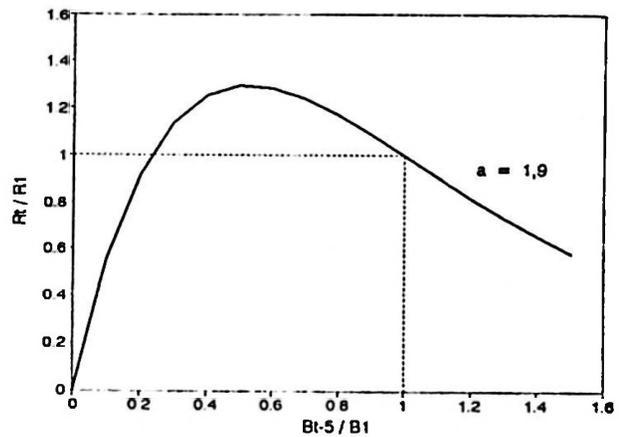


Figura 2. Relación stock-recluta obtenida para la merluza común, y parametrizada en términos del Análisis de Reducción de Stock (ver texto).

## RESULTADOS

Un resumen de los parámetros de entrada al método, utilizados en este estudio, se muestra en la Tabla 1. Se destaca que bajo el supuesto de que la biomasa de merluza común a comienzos de 1940 era de 450 mil toneladas, no existe una solución completa del ARS para valores del parámetro  $a$  inferiores a 1,9. Por esta razón, la relación stock-recluta de merluza común quedaría definida con  $a$  igual a 1,9 en este estudio (Fig. 2).

La magnitud de la captura máxima equilibrada (CME) es de 78 mil toneladas y ocurre a una tasa de mortalidad por pesca ( $F_{op}$ ) igual a 0,70 año<sup>-1</sup> (Fig. 3). La dispersión de los puntos

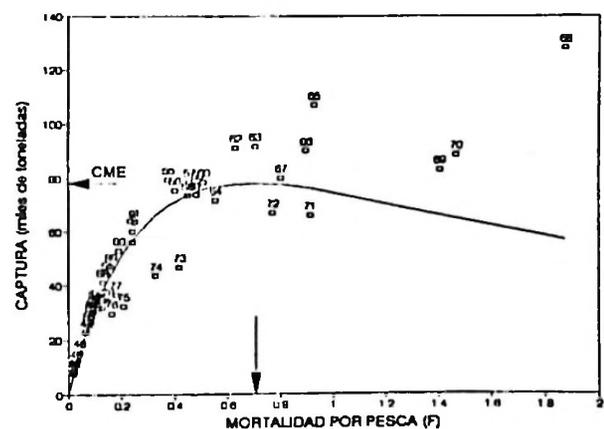


Figura 3. Capturas observadas y equilibradas de merluza común en función de la tasa de mortalidad por pesca, entre 1940 y 1991.

corresponde a aquellas capturas observadas versus la tasa de mortalidad por pesca estimada por el ARS. En este contexto, entre 1955 y 1972 hubo una explotación apropiada del recurso, pero con intensidades de pesca superiores a la óptima entre 1965 y 1972, particularmente entre 1968 y 1970 (Fig. 3).

La evolución de la biomasa, en función de la mortalidad por pesca, indica que la mayor reducción del stock ocurrió entre 1969 y 1971, representando aproximadamente un 40% de reducción respecto de la biomasa virgen en 1940 (Fig. 4). Posterior a 1972 ocurre una disminución de la intensidad de pesca, lo que favoreció la recuperación de la biomasa del stock de merluza durante la década de los años ochenta. De esta manera, la intensidad de pesca actual, hacia fines de la década del ochenta y comienzos del noventa, es de carácter moderado (Figs. 3 y 4).

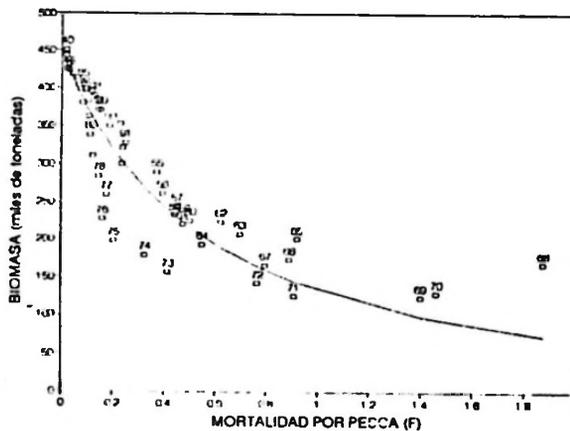


Figura 4. Biomasa de merluza común en función de la mortalidad por pesca, entre 1940 y 1991.

Por otra parte, un análisis de sensibilidad en los estimados de  $CME = 78$  mil ton y  $F_{op} = 0,7$  año<sup>-1</sup>, respecto a los parámetros de entrada  $B_1$ ,  $a$ , y  $M$  utilizados (Tabla 1), indica que la estimación de  $CME$  es menos sensible que la estimación de  $F_{op}$  (Fig. 5). Una sobreestimación de estos parámetros de entrada al método incide en una sobreestimación de  $CME$  y  $F_{op}$ , excepto este último ante cambios en  $B_1$  (Fig. 5).

## DISCUSION

El presente Análisis de Reducción de Stock aplicado a la merluza común de la zona centro-

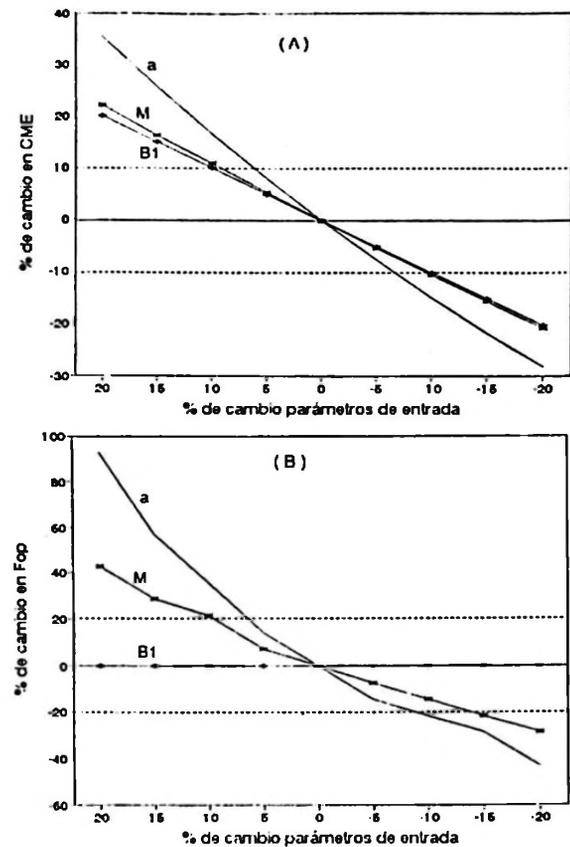


Figura 5. Análisis de sensibilidad: (A) captura máxima equilibrada ( $CME = 78$  mil ton.) y (B) tasa de mortalidad por pesca óptima ( $F_{op} = 0,7$  año<sup>-1</sup>); según un cambio relativo en los parámetros  $B_1 = 450$  mil ton.;  $a = 1,9$ ; y  $M = 0,3$  año<sup>-1</sup>; utilizados en este estudio.

sur de Chile, sugiere capturas máximas equilibradas ( $CME$ ) para este recurso de 78 mil toneladas, a partir de una biomasa levemente explotada de 450 mil toneladas. Este valor de  $CME$  es algo inferior a las 92 mil toneladas estimadas por Aguayo & Robotham (1984) y Yáñez et al. (1985), utilizando modelos de producción. En todo caso, es necesario destacar que la evaluación del recurso sufre cierta limitación al incorporar una relación stock-recluta determinística, sobre todo cuando el reclutamiento podría variar por causas externas al tamaño del stock desovante, básicamente debido a la depredación que la propia merluza u otros peces demersales y pelágicos ejercen sobre los ejemplares prerreclutas o - a factores abióticos aún no identificados.

Sin embargo, la relación stock-recluta del tipo Ricker, parece ser adecuada para la merluza común, ya que existen evidencias que demuestran un fuerte canibalismo de merluza juvenil por la fracción adulta de la población (Meléndez 1983, Arancibia 1987, 1989).

La evaluación del recurso merluza común indica que este recurso es bastante "resiliente" a la intensidad de pesca; esta conclusión se deriva de la forma de dependencia del reclutamiento frente al tamaño del stock desovante (Fig. 2).

Un análisis de sensibilidad señala que las estimaciones de la captura máxima equilibrada son menos sensibles a cambios en los parámetros de entrada  $B_1$ ,  $a$ , y  $M$ . Sin embargo, cambios en  $B_1$  no afectan la estimación de  $F_{op}$ . Asimismo, el mayor efecto lo produce el parámetro  $a$  de la relación stock-recluta, lo que es dable esperar ya que la magnitud del excedente productivo de cualquier población de peces es fuertemente influido por la magnitud del reclutamiento.

No obstante lo anterior, la situación actual del recurso concuerda con lo comunicado por Bustos *et al.* (1991); esto es, que durante la década de los años ochenta ha existido una recuperación de la biomasa de merluza común.

Por otra parte, si bien es cierto hubo una mayor intensidad de pesca sobre merluza común hacia fines de la década de los sesenta (1968 a 1970; Fig. 4), la posterior declinación de los desembarques se debió a una importante disminución de la intensidad de pesca, lo que incidió en la recuperación de la biomasa de merluza común, completándose prácticamente un ciclo.

Los niveles de captura observados a comienzos de la década de los años noventa (63 mil ton en 1991, Fig. 1) no estarían afectando negativamente la productividad del stock; esto es, que capturas anuales de alrededor de 60 mil ton no afectan al excedente productivo del stock. Sin embargo, ante incertidumbres asociadas a la verdadera relación stock-reclutamiento de merluza común, es prudente mantener la actividad pesquera en niveles de capturas de alrededor de 65 mil toneladas anuales. En efecto, dada la forma de la curva de captura equilibrada (Fig. 3), la conveniencia de adoptar un criterio *status quo* permitiría operar a un nivel de mor-

talidad por pesca más bajo al óptimo de 0,7 año<sup>-1</sup> y con capturas cercanas a aquella máxima equilibrada. Esto permitiría optimizar el beneficio de la explotación a largo plazo y aseguraría plenamente la conservación del recurso.

## LITERATURA CITADA

- AGUAYO, M & H. ROBOTHAM. 1984. Dinámica poblacional de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) (Gadiformes-Merlucciidae). Invest. Pesq. (Chile), 31: 17-45.
- AGUAYO, M & V. OJEDA. 1987. Estudio de la edad y crecimiento de merluza común (*Merluccius gayi gayi* Guichenot, 1848) (Gadiformes-Merlucciidae). Invest. Pesq. (Chile), 34: 99-112.
- ARANCIBIA, H. 1987. On the application of multivariate analysis in the determination of "ontogenetic trophic units" in Chilean hake, *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848). ICES C.M./G: 67 Demersal Fish Cttee., Ref. Statistics Cttee., 19 p.
- ARANCIBIA, H. 1989. Distribution patterns, trophics relationships and stock interactions in the demersal fish assemblage off central Chile. Doctoral Thesis University of Bremen, F.R.G., 221 p.
- BUSTOS, R., M. AGUAYO, J. SATELER, J. DONOSO, S. AVILÉS & C. VERA. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías demersales. Peces. Zona centro-sur. Estado de situación y perspectivas del recurso. (SGI-IFOP 91/7). Inst. Fom. Pesq., Santiago, Chile, 62 p.
- KIMURA, D. K., J. W. BALSIGER & D. H. ITO. 1984. Generalized Stock Reduction Analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 1325-1333.
- KIMURA, D. K. 1985. Changes to stock reduction analysis indicated by Schnute's general theory. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42: 2059-2060.
- KIMURA, D. K. 1988. Stock-recruitment curves as used in the stock-reduction analysis model. J. Cons. int. Explor. Mer., 44: 253-258.
- MELÉNDEZ, R. 1983. Alimentación de *Merluccius gayi* (Guichenot) frente a Chile central (32°05'S-36°50'S). Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, 40: 145-151.
- PAULY, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. int. Explor. Mer., 39(2): 175-192.
- RICKER, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board. Can., 191: 382 p.
- RIKHTER, V. A. & V. N. EFANOV. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Res. Doc., 76/VI/8:12 p.
- YÁÑEZ, E., L. PIZARRO & M. ALBERTI. 1985. Dinámica del stock de merluza común (*Merluccius gayi*, Guichenot 1848) explotado en la zona central de Chile (30°S-40°S) entre 1960 y 1982. In: "Estudios en pesquerías chilenas", T. Melo (Ed.), Escuela de Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso: 67-74.

