



INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

Boletín

ISSN-0378-7699

VOLUMEN 8 N°5

LA PESCA DE ARRASTRE DE LA FLOTA COSTERA DE PAITA
ENTRE 1970 - 1982 pag. 159

Por: *Marco Espino, Claudia Wosnitzza-Mendo y Raúl Castillo*

LA RELACION ENTRE STOCK Y RECLUTAMIENTO DE LA MERLUZA
PERUANA (*Merluccius gayi peruanus*)..... pag. 179

Por: *Marco Espino y Claudia Wosnitzza-Mendo*

EL USO DEL MODELO CSIRKE-CADDY PARA LA MERLUZA
PERUANA (*Merluccius gayi peruanus*)..... pag. 191

Por: *Marco Espino y Claudia Wosnitzza-Mendo*

Publicación N° 21 de PROCOPA
auspiciada por la Agencia Alemana
de Cooperación Técnica (GTZ)

CALLAO - PERU, 1984

EL USO DEL MODELO CSIRKE-CADDY PARA
LA MERLUZA PERUANA (MERLUCCIUS GAYI PERUANUS)

por:

Marco Espino
Claudia Wosnitza-Mendo

EL USO DEL MODELO CSIRKE-CADDY PARA
LA MERLUZA PERUANA (MERLUCCIUS GAYI PERUANUS)

por:

Marco Espino
Claudia Wosnitza-Mendo

CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	195
INTRODUCCION	196
MATERIAL Y METODOS	197
RESULTADOS	198
DÍSCUSION	199
BIBLIOGRAFIA	201
TABLAS	202
FIGURAS	204

EL USO DEL MODELO CSIRKE-CADDY PARA
LA MERLUZA PERUANA (MERLUCCIUS GAYI PERUANUS)

Por: Marco Espino¹ y Claudia Wosnitza-Mendo²

1 Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao, Perú

2 Programa Cooperativo Peruano-Alemán de Investigación Pesquera
(PROCOPA), Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao, Perú

RESUMEN

Aplicando en el modelo de Csirke/Caddy (1983) datos de captura total de merluza peruana (Merluccius gayi peruanus) y tasas instantáneas de mortalidad total (Z) del análisis de cohortes para 12 años (Espino et. al., 1984), se obtuvieron las siguientes expresiones:

$$Y = -42.98 + 152.9 Z - 55.74 Z^2 \quad (\text{hembras})$$

$$Y = -25.56 + 123.73 Z - 64.15 Z^2 \quad (\text{machos})$$

de las que se desprende que el máximo rendimiento sostenible (MSY) estaría dado por 130 mil TM y mortalidades naturales de 0.27 (hembras) y 0.45 (machos). Estas aproximaciones, convalidadas con el resultado de otros análisis, nos permiten sugerir una captura sostenible de 100 mil TM, cantidad que deberá ser corroborada por el correspondiente crucero de evaluación.

INTRODUCCION

Entre los diferentes modelos de producción, Csirke y Caddy (1983) sugieren un acercamiento al tamaño de la población y al rendimiento excedente, aplicando el modelo logístico a los datos de una pesquería. Al contrario de los modelos de Schaefer (1954) y Fox (1970) que relacionan los cambios en la abundancia o tasa de captura con el esfuerzo de pesca total, este modelo usa la tasa instantánea de mortalidad total (Z) en relación con la captura total (C). En el caso de la merluza peruana, existen estadísticas de capturas completas desde hace muchos años, pero no hay datos suficientes de esfuerzo pesquero ejercido por la flota de barcos factoría.

Por otro lado, existen ciertos datos de esfuerzo de la flota costera de Paita que solamente comprende una pequeña parte de los desembarques totales, y pareciera que estos datos no sirven como índice de la mortalidad por pesca.

Además, con el desarrollo de una pesquería como la de la merluza peruana que empezó con mayor énfasis en el año 1973, se desarrolla también una cierta necesidad de introducir factores de corrección al esfuerzo de pesca nominal. Esto se debe a cambios en la eficiencia, destreza del pescador, estrategia de pesca, etc. y sobre todo, en el cambio de la distribución, el comportamiento y composición por especies. Todo éso podría afectar el coeficiente de capturabilidad (q). Con ésto, el esfuerzo (f) ya no sería proporcional a la mortalidad por pesca (F), proporcionalidad que es la base de los modelos de Schaefer y Fox.

En la pesquería de la merluza peruana hay grandes cambios en la concentración y distribución debido a las variaciones en el ambiente que se dan durante "El Niño", que afectan en mayor o menor grado a la población que se explota. Pero estos efectos son difíciles de cuantificar en pesquerías en desarrollo como es el caso de la merluza peruana.

MATERIAL Y METODOS

En nuestro caso se ha calculado mortalidades en base a un análisis de cohortes según Pope (1972), las que con las capturas totales se aplicaron en la siguiente ecuación:

$$Y_E = -(B_\infty M + B_\infty \frac{M^2}{r}) + (B_\infty + 2B_\infty \frac{M}{r}) Z - (\frac{B_\infty}{r}) Z^2 \quad (1)$$

en donde:

- B_∞ = tamaño de la población virgen
 r = tasa específica de incremento de la población
 Y_E = rendimiento de equilibrio (captura)

Asumiendo que los términos en los paréntesis son constantes,

$$Y = c + bZ + aZ^2 \quad (2)$$

que describe una parábola como se ve en las Figuras 1 y 2 en que

$$a = -B_\infty / r \quad (3)$$

$$b = B_\infty \left(\frac{r+2M}{r} \right) \quad (4)$$

$$c = -B_\infty \left(\frac{rM+M^2}{r} \right) \quad (5)$$

El máximo rendimiento sostenible (MSY) está definido como:

$$MSY = c - \frac{b^2}{4a} \quad (6)$$

y la mortalidad natural:

$$M = \frac{-b + \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a} \quad (7)$$

RESULTADOS

Ploteando los datos de captura en peso con las mortalidades totales (Z) de machos y hembras por separado para 12 años, resultan las siguientes expresiones:

$$Y = -42.98 + 152.9Z - 55.74Z^2 \quad (\text{hembras}) \quad (8)$$

con

$$MSY = 80.24 \quad y \quad r = 0.61$$

y,

$$Y = -25.56 + 123.73 Z - 64.15 Z^2 \quad (\text{machos}) \quad (9)$$

con

$$MSY = 85.60 \quad y \quad r = 0.57$$

que corresponden a las Figuras 1 y 2.

El valor que más difiere de la curva teórica calculada es el de 1978 y es el efecto de un cambio en el arte de pesca y en el comportamiento de la especie. En este año la merluza se hizo en parte semipelágica y una gran fracción de la captura se pescó con redes de cerco (bolicheras) además de las redes de arrastre usuales. Esto no condujo a una mortalidad total (Z) elevada en las hembras debido a que éstas se reclutan posteriormente a los machos, mientras que en éstos el Z fue elevado debido a que estuvieron mayormente representados en las capturas por tener menos longevidad y más ejemplares en los grupos de edades menores.

De todas maneras creemos que la capturabilidad (q) ha cambiado pero no es posible determinar el grado de variación de ésta por falta de información del esfuerzo empleado en la flota de altura. De todas formas, sabemos que ésta aumentó debido a que el recurso se hizo más accesible y vulnerable, y también el esfuerzo aumentó por el incremento de la flota de cerco que extrajo el 60% de la captura total. Esto deja entrever que el aumento de Z en función de F es lógico aunque queda por demostrar si la dimensión del aumento es fiel reflejo del esfuerzo actuante en ese momento.

La alta captura en 1978 probablemente es un efecto de El Niño de 1972/

73, que condicionó un posible crecimiento en la población. (Más explicaciones en cuanto a las consecuencias del Niño en la merluza se dan en Wosnitzza-Mendo y Espino, en prensa).

El MSY $\text{♀♀} + \text{♂♂}$ de 165,800 toneladas es muy elevado y se debe a los altos valores de 1978. Eliminando estos valores se reduce el estimado de MSY a 129,700 tons, que sería el más recomendable a usar.

También este método da estimaciones de la mortalidad natural (M). Cuando hay datos para los inicios de la pesquería, como es en nuestro caso (1971-72), con capturas totales y F's bajos, el intercepto debe pasar forzosamente cerca del valor real de M. Nuestro valor más bajo de captura es para 1972, año del Niño cuando aumentó la dispersión de la merluza. Entonces casi no hubo pesca y el valor de Z representa casi totalmente el valor de M, de tal forma que M de ninguna manera puede estar muy por encima de 0.4 para hembras y 0.45 para machos, sino por el contrario, por debajo.

DISCUSION

Los modelos de producción de rendimiento excedente pueden dar una primera estimación del máximo rendimiento sostenible de una pesquería, pero cuando se trata de métodos no muy sofisticados, hay que tener en cuenta que éstos se basan en un MSY calculado en base de un modelo de condición estable (= "steady state") o en equilibrio en que Y_{MSY} se halla con la ecuación de Graham (1935):

$$Y_E = \frac{r \bar{B}}{B_\infty} (B_\infty - \bar{B}) \quad (10)$$

La población de la merluza peruana no es una población en equilibrio. Antes de 1973 en que empezó la gran pesquería, el stock era más pequeño y fueron probablemente dos efectos los que permitieron un aumento de la biomasa. Un efecto menor fue la influencia de la pesquería comercial que comenzando en 1973 extrajo 10 veces más que la tradicional, lo que probablemente indujo a un crecimiento de la población.

Pero el mayor efecto fue por cambios en el ecosistema pelágico (71/72) con la caída de la anchoveta que dejó mejores condiciones para la merluza entre otras especies. También este fenómeno aumentó considerable-

mente el área de distribución de esta especie, la cual tratando de ocupar efectivamente toda el área disponible aumenta su desove y por otro lado disminuye el canibalismo por dispersión disminuyendo por ende la mortalidad natural.

Además de esto, en el caso de la merluza, los factores del ambiente producen un desequilibrio en el ecosistema alterando el tamaño de la población posteriormente a los cambios ambientales; tal es el caso de El Niño de 1972/73 que condicionó posiblemente el crecimiento de la población de merluza (Espino, en prensa). Tomando en cuenta esta debilidad del modelo, un rendimiento máximo sostenible de 130,000 TM puede servir para calcular una tasa de explotación de equilibrio usando como referencia la biomasa promedio del stock obtenida por el análisis de cohortes (Espino et al., 1984).

Según esto, se recomendaría una tasa de explotación de 0.25, que para una biomasa en recuperación debido a los mejores reclutamientos por efecto de El Niño (Espino, en prensa), permitirán para 1985 una extracción de 100 mil TM, cantidad que deberá ser ratificada con la realización de un crucero de evaluación orientado a la estimación de la biomasa de la merluza peruana.

BIBLIOGRAFIA

- CSIRKE, J. and J.F. CADDY. 1983. Production modeling using mortality estimates. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 40:43-51.
- ESPINO, M., C. WOSNITZA-MENDO y U. DAMM. 1984. Análisis de la pesquería de la merluza peruana (Merluccius gayi peruanus). Bol.Inst. Mar Perú-Callao, Vol. 8(2):17-68.
- FOX, W.W. 1970. An exponential surplus-yield model por optimizing exploited fish populations. Trans.Am.Fish.Soc., 99(1):80-88.
- GRAHAM, M. 1935. Modern theory of exploiting a fishery and application to the North Sea trawling. Cons.internat.Explor.Mer.J.Cons. 13(1).
- POPE, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int.Comm.Northwest Atl. Fish.Res.Bull., 9:65-74.
- SCHAEFER, M.B. 1954. Fisheries dynamics and the concept of maximum equilibrium catch. Proc. Gulf and Caribbean Fish.Inst. 6th Annual Session, 1953.
- WOSNITZA-MENDO, C. and M. ESPINO. The impact of "El Niño" on recruitment in the Peruvian hake (Merluccius gayi peruanus). En prensa (probablemente Meeresforschung, Kiel).

Tabla 1. Datos de entrada para la relación de Csirke y Caddy, y sus resultados para la merluza peruana.

AÑO	HEMBRAS (III - VII)		MACHOS (III - V)	
	Z	C (x 10 ³ t)	Z	C (x 10 ³ t)
1971	0.55	11.5	1.0	14.5
72	0.41	7.1	0.46	5.4
73	1.15	77.7	1.16	56.4
74	1.25	54.9	1.21	54.4
75	0.81	29.9	1.04	45.9
76	0.86	41.4	1.30	51.2
77	0.95	56.1	1.60	51.9
78	1.26	140.5	2.38	168.3
79	0.93	42.3	1.60	52.2
1980	2.44	80.1	2.65	82.6
81	1.99	33.0	2.78	36.0
82	0.98	17.0	1.10	16.0
$R^2 = 0.374$		$r = 0.61$	$R^2 = 0.434$	
$a = -55.74$			$a = -64.15$	
$b = 152.9$			$b = 123.73$	
$c = -42.98$			$c = -25.56$	
$M = 0.41$			$M = 0.590$	
$Z_{opt} = 1.7787$			$Z_{opt} = 2.421$	
$F_{opt} = 1.3663$			$F_{opt} = 1.830$	
$r_m = 2.7326$			$r_m = 3.660$	
$MSY = 80.24$			$MSY = 85.60$	
$B_{\infty} = 117.45$			$B_{\infty} = 93.55$	

Tabla 2. Resultados de la relación de Csirke y Caddy sin uso del valor del año 1978 (merluza peruana).

HEMBRAS (III - VII)	MACHOS (III - V)
$R^2 = 0.476$	$R^2 = 0.536$
$a = -21.55$	$a = -37.17$
$b = 84.61$	$b = 91.73$
$c = -20.36$	$c = -20.92$
$M = 0.273$	$M = 0.452$
$Z_{opt} = 2.078$	$Z_{opt} = 2.192$
$F_{opt} = 1.805$	$F_{opt} = 1.741$
$r_m = 3.61$	$r_m = 3.481$
$MSY = 66.35$	$MSY = 63.38$
$B_{\infty} = 73.51$	$B_{\infty} = 72.83$

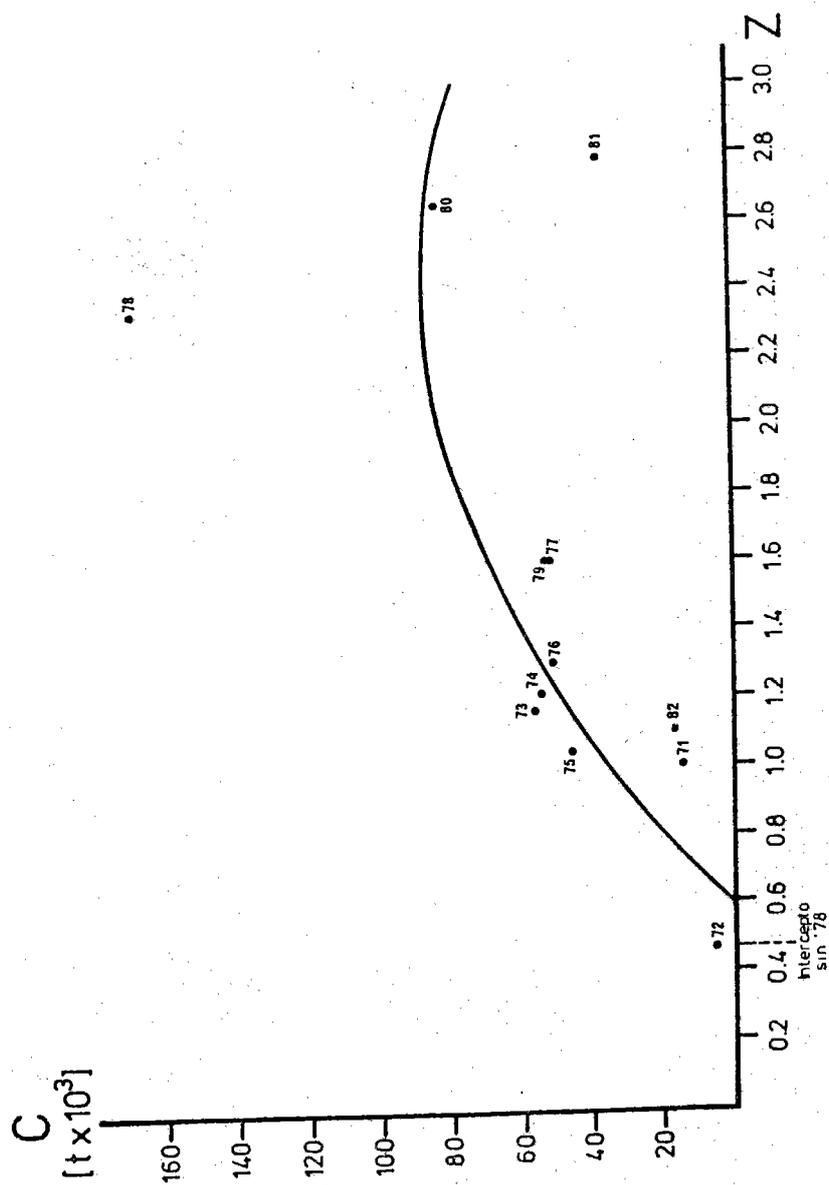


Figura 1. Relación entre captura (C) y mortalidad total (Z) de la merluza peruana (machos).

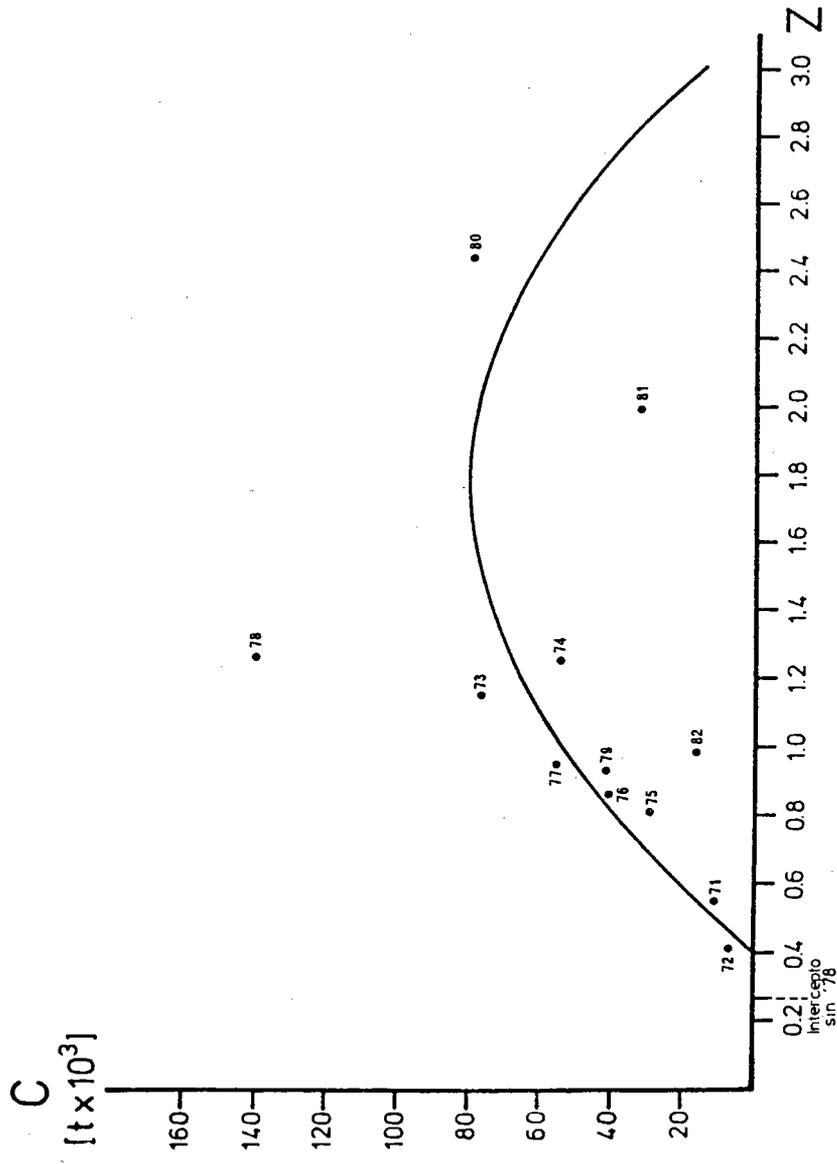


Figura 2. Relación entre captura (C) y mortalidad total (Z) de la merluza peruana (hembras).