



Instituto del
Mar del Perú



Universidad Nacional
Agraria, La Molina



Asociación
Latinoamericana
de Investigadores
en Ciencias del
Mar



Deutsche
Gesellschaft für
Technische
Zusammenarbeit
(GTZ) GmbH

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

Boletín

volumen extraordinario

*Recursos y Dinámica del Ecosistema de
Afloramiento Peruano*

Editores:

Horst Salzwedel y Antonio Landa

*Memorias del 2do Congreso
Latinoamericano sobre Ciencias del Mar
(COLACMAR),
17-21 Agosto de 1987, Lima, Perú*

TOMO I

Callao-Perú 1988

Ajuste del Análisis de Cohortes con Resultados de Area Barrida en Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*)*

MARCO ESPINO¹, CLAUDIA WOSNITZA-MENDO² y FLOR FERNANDEZ¹

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

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

RESUMEN

Con información sobre la estructura poblacional (N_{t+1}) de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*) obtenida mediante la aplicación del método de área barrida (verano 1987), se plantea la aplicación del análisis de cohortes (POPE, 1972)

$$N_t = (C_t + N_{t+1} e^{M/2}) e^{M/2}$$

prescindiendo de la ecuación de entrada y de F terminales para el último año. Se comparan los resultados obtenidos para los años 1981 y 1985, con los tamaños poblacionales determinados durante los cruceros de evaluación precedentes.

ABSTRACT

Adjustment of the cohort analysis with results from the swept area method for Peruvian hake (*Merluccius gayi peruanus*). With data on population structure (N_{t+1}), obtained with the swept area method in the summer of 1987 for *Merluccius gayi peruanus*, a variation of the cohort analysis (POPE, 1972)

$$N_t = (C_t + N_{t+1} e^{M/2}) e^{M/2}$$

is applied, omitting the start equations and the estimation of F for the last year. The results for 1981 and 1985 are compared with the population sizes estimated during the preceding evaluation cruises.

INTRODUCCION

La merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*) es la principal especie del subsistema demersal. Su explotación revistió especial importancia en la década del setenta con desembarques que fluctuaron entre 26,000 (1971) y 300,000 toneladas métricas en 1978. Posteriormente las capturas descendieron, alcanzado sus más bajos niveles en 1982 y 1983 para luego recuperarse ligeramente (Fig. 1).

ESPINO *et al.*, 1984, aplicaron un análisis de cohortes a partir de 1982. Una aplicación posterior podría contener graves errores por cuanto las capturas extremadamente disminuídas, por razones explicadas en ESPINO *et al.*, 1985, podrían no ser significativas respecto del volumen de la población. Por esto el presente trabajo es un análisis de cohortes a partir de 1987 usando la población estimada para ese año por el método del área barrida, siguiendo una variante metodológica del tradicional análisis de cohortes (POPE, 1972).

MATERIAL Y METODOS

Con datos obtenidos durante el crucero de evaluación BIC HUMBOLDT en enero-febrero de 1987 (IMARPE, 1987) se desarrolla un análisis de cohortes mensual usando la ecuación de POPE (1972):

(1)

$$N_t = (C_t + N_{t+1} \cdot e^{M/2}) e^{M/2}$$

en donde:

N_t = número poblacional en el año t , N_{t+1} = número poblacional en el año $t + 1$, M = tasa de mortalidad natural = 0.3 anual, C_t = captura (número de individuos) en el año t .

Los datos de la estructura por edades del stock de la merluza peruana están presentados en la tabla 1. Estos números se tomaron como N_{t+1} para desarrollar la ecuación 1 (proceso I). Así evitamos el uso de la ecuación de entrada que normalmente debe aplicarse en el análisis de cohortes para calcular un número poblacional para el último año en base a una tasa de mortalidad por pesca terminal estimada (F_t). El F_t usado a partir de 1986 hacia atrás fue de 0.5.

Los resultados del análisis en base al procedimiento descrito (Tabla 2) son comparados con los obtenidos por área barrida en los cruceros de evaluación de verano 1981 y verano de 1985 (SAMAME *et al.*, 1983 y ESPINO *et al.*, 1986, respectivamente); ver tabla 1.

Con el objeto de corregir defectos por selección de la red empleada, los valores de entrada (N_{t+1}) del año 1987 fueron ajustados con una curva que se describe de acuerdo a la siguiente ecuación:

(2)

$$N_t = N_0 \cdot e^{-Zt}$$

en donde:

N_t = número poblacional en el año t , N_0 = número poblacional inicial, Z = tasa de mortalidad total.

Después de este ajuste se repitió el análisis de cohortes (proceso II).

Tabla 1. Número poblacional en millones de individuos de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*), estimado por área barrida (en diferentes años).

Fuente	Año	Grupo de edad										TOTAL	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
SAMAME <i>et al.</i> ,	1981	8.18	9.15	22.31	72.77	113.30	28.92	14.91	7.63	2.28	0.14		279.60
ESPINO <i>et al.</i> ,	1985	1.38	18.42	136.60	226.70	179.20	85.40	18.78	3.91	0.79	0.28		671.46
IMARPE,	1987	1.62	12.85	739.00	364.00	75.22	50.35	51.38	36.81	3.97	0.46	0.09	1335.75

Tabla 2. Número poblacional en millones de individuos de *Merluccius gayi peruanus*, determinado por análisis de cohortes mensuales, proceso I (ver texto).

GRUPO DE EDAD	Año																	
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	
1	473.1	518.7	511.3	515.9	1537.2	677.3	736.8	535.7	76.3	328.4	347.6	276.4	307.1	942.3	1351.4	17.3	1.6	
2	402.7	350.4	384.3	378.8	382.2	1138.8	501.7	545.8	396.9	56.5	243.3	257.5	204.8	227.5	698.0	1001.1	12.9	
3	89.1	298.3	299.6	284.5	280.6	282.2	843.2	367.9	401.3	293.3	40.0	180.2	190.7	151.7	167.7	515.6	739.1	
4	51.3	64.1	220.9	178.2	194.7	193.1	200.0	593.3	147.3	245.4	142.5	25.5	132.5	139.8	106.9	113.8	364.1	
5	22.2	16.0	37.1	38.0	15.7	27.3	22.9	23.1	21.7	19.0	17.3	4.0	17.7	96.3	99.3	71.4	75.2	
6	2.5	6.8	8.3	2.8	0.7	1.7	2.3	5.1	7.2	7.5	1.9	0.7	2.8	12.6	69.5	71.7	50.4	
7	0.4	0.9	4.4	0.8	0.3	0.2	1.2	1.0	1.9	2.8	0.0	0.0	0.5	1.8	8.5	50.7	51.4	
8	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	6.1	36.8	
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	4.0	
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	
11																		0.1
1 - 11	1041.3	1255.4	1426.3	1399.0	2411.4	2320.6	2308.2	2072.0	1052.5	953.4	792.6	744.3	856.1	1572.5	2502.4	1848.6	1335.8	
2 - 11	331.0	736.7	915.0	883.1	874.2	1643.3	1571.4	1536.2	976.2	625.0	445.0	467.9	549.0	630.2	1151.0	1831.2	1334.3	
3 - 11	165.5	386.2	530.7	504.3	492.0	504.5	1069.7	990.4	579.4	568.5	201.8	210.4	344.3	402.6	453.0	830.1	1321.5	
4 - 11	76.4	87.9	271.1	219.8	211.4	222.3	226.5	622.5	178.1	275.2	161.7	30.2	153.5	251.0	285.4	314.5	582.4	

RESULTADOS Y DISCUSION

Tamaño poblacional

El tamaño poblacional calculado por el proceso I (Tabla 3) no difiere fundamentalmente del obtenido anteriormente por ESPINO *et al.* (1984), quienes hicieron el análisis de cohortes simple de POPE (1982) en base a información de capturas, retrocediendo a partir de 1982 sobre todo en la fracción correspondiente a los años anteriores a 1980 (Fig. 2). ESPINO *et al.* (1984) consideraron los valores obtenidos para los años 1981-82 como subestimados por efecto del método, sobre todo a nivel de reclutamientos. Esta suposición se verificó con la nueva corrida, la cual permitió corregir los valores de reclutamiento.

Tabla 3. Número poblacional en millones de individuos de *Merluccius gayi peruanus*, determinado por análisis de cohortes mensuales, proceso II (ver texto).

GRUPO DE EDAD	Año																
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
1	473.0	518.7	511.2	515.8	1537.0	677.2	740.8	541.0	57.1	80.9	146.8	283.0	543.8	1069.0	21.6	4620.0	9683.0
2	402.7	350.4	384.2	378.7	382.1	1138.0	504.7	548.8	400.8	42.3	59.3	108.7	209.6	402.8	792.5	1596.0	3423.0
3	89.1	298.3	259.6	284.5	280.5	282.2	843.1	367.9	403.4	296.1	29.5	44.0	80.6	155.3	297.5	585.6	1210.0
4	51.3	64.1	220.8	178.1	194.7	193.1	200.0	593.2	147.2	246.9	144.6	17.6	31.6	58.2	109.5	210.0	427.7
5	22.2	16.0	37.1	38.0	15.7	27.3	22.9	23.1	21.7	19.4	18.5	5.6	11.9	21.6	38.8	73.4	151.2
6	2.5	6.8	8.3	2.8	0.7	1.7	2.3	5.1	7.2	7.5	1.9	1.6	4.0	8.3	14.1	26.9	53.5
7	0.0	0.9	4.4	0.8	326.0	0.2	1.2	1.0	1.9	2.8	0.0	0.0	1.2	2.7	5.4	9.7	18.9
8	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.8	1.7	3.7	6.7
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1	2.4
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.8
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1 - 11	1040.8	1255.3	1426.0	1398.7	2736.6	2319.7	2315.1	2080.1	1039.2	696.4	400.6	460.5	882.6	1718.7	1281.5	7126.8	14977.4
2 - 11	567.8	736.6	914.8	882.9	1199.6	1642.5	1574.3	1539.1	982.2	615.5	253.8	177.5	338.8	649.7	1260.0	2506.8	5294.4
3 - 11	165.1	386.2	530.6	504.2	817.5	504.5	1069.6	990.3	581.4	573.2	194.5	68.8	129.2	246.9	467.5	910.8	1871.4
4 - 11	76.0	87.9	271.0	219.7	537.0	222.3	226.5	622.4	178.0	277.1	165.0	24.9	48.6	91.6	170.0	325.2	661.4

La estrecha relación entre los resultados del nuevo procedimiento (proceso I) y el anterior (POPE, proceso simple) entre los años 1971-1980 nos hace posible convalidar a la vez todas las cohortes que empezaron entre 1976-1986.

Los resultados obtenidos permiten una descripción de las variaciones de la población de merluza en los años 1981-1986 (Tabla 2). Según esto, la sobrepesca efectuada (1978 y 1980) hizo colapsar al stock reduciéndolo a su mínimo nivel en 1981. Esto se debió principalmente a que durante el invierno de 1978 (julio y agosto) se pescaron 180,000 t de las 303,000 t reportadas para aquel año. Esta alta captura inusual fue consecuencia de un aumento en la concentración de la población debido a un descenso en la temperatura del mar asociada a un desplazamiento de la mínima de oxígeno (0.25 ml/l) hacia al norte de su límite normal (Huarney, 10° S). La marcada reducción del área, asociada a una alta biomasa de merluza (600,000 t) hizo que una fracción de la población se tornara pelágica. Esta fracción estaba representada por ejemplares de edades menores a cinco años, cuyas características de alimentación (principalmente eufausidos) le permitían adaptarse a estas condiciones. Estando pelágico parte del recurso, se hizo accesible a la flota bolichera, que lo extrajo fácilmente, llegando a capturar en dos meses mucho más de lo que se pescaba anteriormente en un año (Fig. 1). Seguidamente en el año 1980 se capturan 150,000 t de un stock deprimido, lo que contribuyó a precipitar el descenso poblacional. Las altas capturas parecería que influyeron asimismo en la reducción de los reclutamientos entre 1980 y 1984, que fueron menores que el promedio.

A partir de 1984 se observa una recuperación de la población en número y biomasa (Fig. 3) asociada a un efecto concomitante entre la falta de extracción y El Niño 1982-83. Al producirse calentamientos de esta naturaleza, la mínima de oxígeno se desplaza hacia el sur en función de la intensidad y duración del evento, ampliando el área de distribución de la especie (ESPINO *et al.*, 1985, en prensa y VELEZ y ZEBALLOS, 1985). Esto favoreció los reclutamientos de la merluza, permitiendo su recuperación poblacional tres años después. Algo similar se pudo apreciar posteriormente al El Niño 1972/73 (ESPINO *et al.*, 1985).

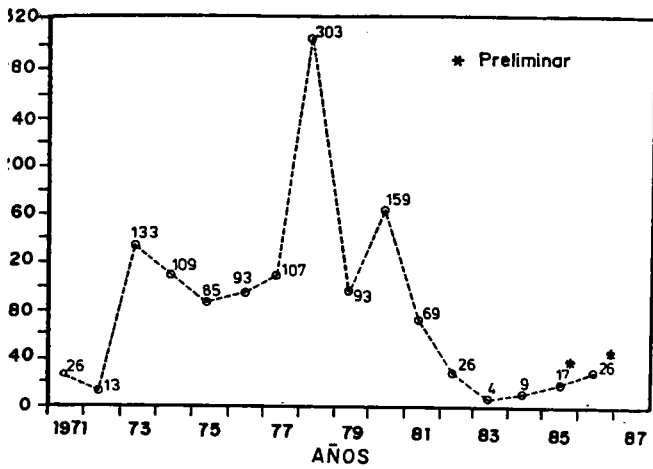


Fig. 1. Captura total anual de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*) entre 1971-1986 en miles de toneladas (* = preliminar).

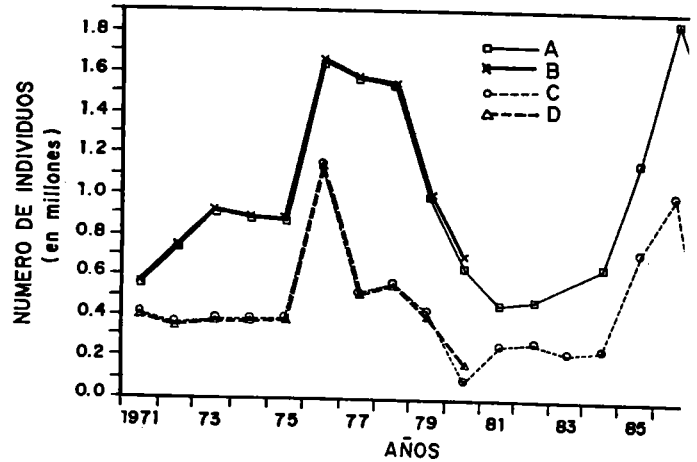


Fig. 2. Número de individuos de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) calculado por análisis de cohortes a partir de 1987 (este trabajo) en comparación con los resultados de Espino *et al.* (1984). A - este trabajo, B - ESPINO *et al.*, 1984, C - reclutas, este trabajo, D - reclutas, ESPINO *et al.*, 1984.

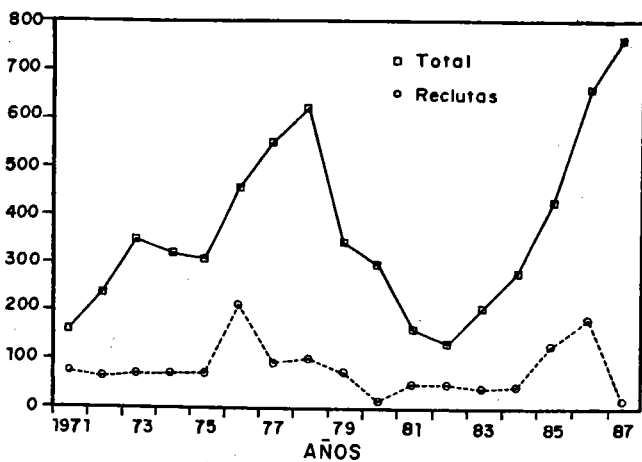


Fig. 3. Biomasa total y biomasa de reclutas de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*).

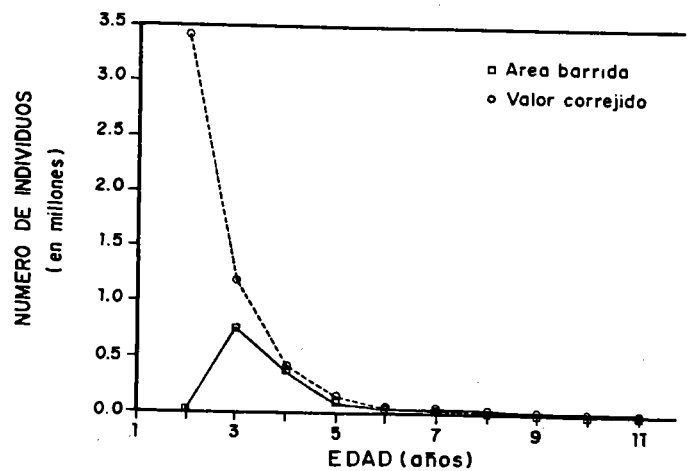


Fig. 4. Número de individuos de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*), estimado por área barrida y corrección usando la ecuación mencionada en el texto.

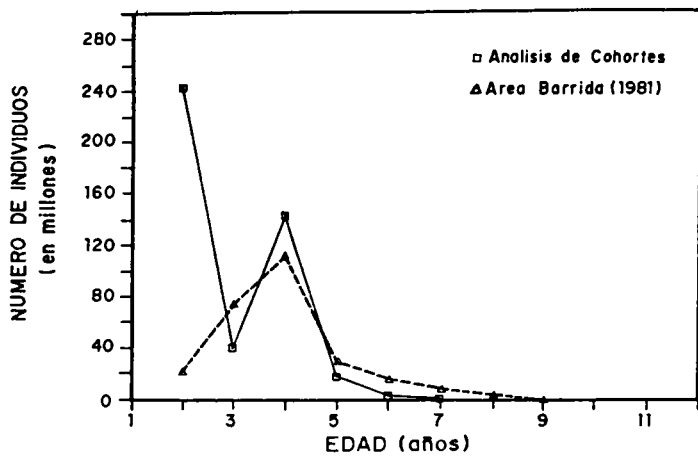


Fig. 5. Tamaño poblacional por edades, obtenido por análisis de cohorte (proceso I) y área barrida en 1981.

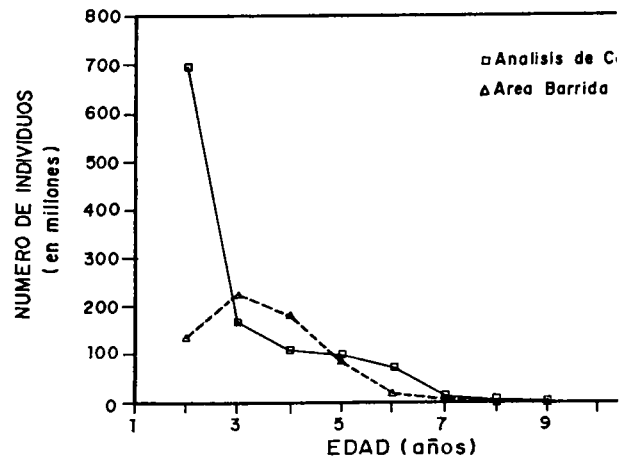


Fig. 6. Tamaño poblacional por edades, obtenido por análisis de cohorte (proceso I) y área barrida en 1985.

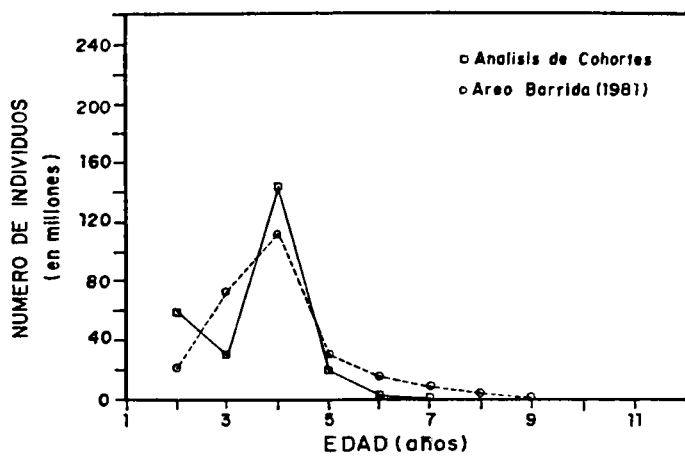


Fig. 7. Tamaño poblacional por edades, obtenido por análisis de cohorte (proceso II) y área barrida en 1981.

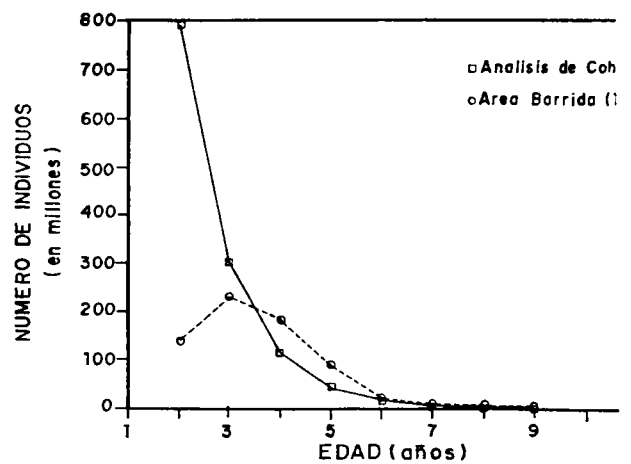


Fig. 8. Tamaño poblacional por edades, obtenido por análisis de cohorte (proceso II) y área barrida en 1985.

Análisis de cohortes versus área barrida

Para el análisis de cohortes se introdujeron los números poblacionales obtenidos por el área barrida al último año como valores iniciales del proceso. En la distribución por edades de la población obtenida por área barrida en 1987 (IMARPE, 1987), se puede observar claramente el efecto de selección del arte empleado, lo cual permite asumir que en ejemplares menores a 4 años los valores son subestimados (Fig. 4).

Teniendo en cuenta estas apreciaciones, se comparan los resultados del análisis de cohortes con los de área barrida de los veranos 1981 y 1985. Los resultados son similares a partir de la edad 3, quedando los valores del análisis de cohortes correspondientes a la edad 4 (que sustenta la pesquería) por encima a los del área barrida. Esto se debe posiblemente a que el método del área barrida se aplica en un momento determinado, en tanto que el de análisis de cohortes incluye información de la pesca realizada durante todo el año (Fig. 5). Debe considerarse también que durante este año la pesquería extrajo 69,000 t, parte significativa de una biomasa deprimida de 161,000 t. Durante 1985 (Fig. 6) los resultados del análisis de cohortes dan subestimaciones para las edades 3 y 4, debido a que en este año la captura todavía fue baja (17,000 t) lo que estaría incidiendo en el proceso de análisis de cohortes.

Aplicación de un número final teórico

Tomando los números poblacionales obtenidos por área barrida del verano 1987, se estimó los números teóricos por edades según la siguiente expresión:

$$N_t = 27.39 \cdot 10^6 \cdot e^{-1.03t} \quad r = 0.9539 \quad (3)$$

Los resultados obtenidos en base a esta ecuación indican una alta subestimación en las edades menores a 4 años, efecto de selección del arte empleado (Fig. 4). Al introducir los nuevos valores en el análisis de cohortes cambian los números poblacionales, sobre todo en los grupos de edades jóvenes, y se corrige hasta 1980 (Tabla 3).

Si nuevamente comparamos los resultados del análisis de cohortes (proceso II) con los del área barrida, vemos que para 1981 persiste la misma tendencia descrita anteriormente por las razones ya señaladas. Pero se destaca una reducción marcada de los reclutas de edad II del orden del 300 %, entre los dos procesos de análisis de cohortes (Fig. 5 y 7). Para el año 1985 el análisis de cohortes da valores por debajo de los obtenidos por el área barrida (edad V y VI), efecto implícito en el método, debido a las bajas capturas realizadas durante este año (Fig. 8). En el reclutamiento (1985) no se observa mayores diferencias entre los procesos I y II.

El uso de números poblacionales, provenientes del método de área barrida, como valor inicial en el último año de edad del análisis de cohortes, resulta satisfactorio en el caso de tener bajas capturas en relación a la situación existente.

REFERENCIAS

- 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. 8 (2): 17-68.
- ESPINO, M., C. BENITES y M. MALDONADO. 1985. Situación de la población de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) durante El Niño. En: W. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.) "El Niño" - su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú- Callao, Vol. extraordinario: 159-162.
- ESPINO, M. J. CASTILLO, F. FERNANDEZ, A. MENDIETA, C. WOSNITZA-MENDO y J. ZEBALLOS. 1986. El stock de merluza y otros demersales en abril de 1985 Crucero BIC HUMBOLDT (23 marzo al 5 abril, 1985), Inf. Inst. Mar Perú-Callao 89: 1-57.
- ESPINO, M., WOSNITZA-MENDO y W. URQUIZO (en prensa). Efecto de la concentración en la mortalidad natural y su aplicación en el análisis de cohortes. Simposio Internacional sobre cambios de largo término en poblaciones de peces marinos, 18-21 noviembre de 1986, Vigo, España.
- IMARPE. 1987. Situación de los stocks de peces demersales y el ambiente marino en Enero-Febrero 1987. (Cruceros BIC HUMBOLDT, 23 Enero-09 Febrero y BIC DIMITRI MENDELEEV, 02-13 febrero. Informe interno. Inst. Mar Perú-Callao: 15 pp.
- POPE, J., G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual populations analysis using cohort analysis. ICNAF Res. Bull. 9: 65-74.
- SAMAME M., M. ESPINO, J. CASTILLO, A. MENDIETA y U. DAMM. 1983. Evaluación de la población de merluza y otras especies demersales en el área Puerto Pizarro-Chimbote (Crucero BIC HUMBOLDT 8103-04, marzo-abril 1981). Bol. Inst. Mar Perú-Callao, 5 (7): 109-112.
- VELEZ, J. y J. ZEBALLOS. 1985. Ampliación de la distribución de algunos peces e invertebrados durante el fenómeno El Niño 1982-83. En: W. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.) "El Niño" - su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. extraordinario: 15-162.