

CRECIMIENTO DE *MERLUCCIOUS CAPEHSIS* (DIVISION 1.5) DE 1977 A 1980:

COMPARACION DE DISTINTOS METODOS DE ESTIMACION DE PARAMETROS

J. Lleonart

B. Morales

P. Sánchez

*Instituto de Investigaciones Pesqueras, Barcelona, España*

INTRODUCCION

La importancia de una correcta estimación de los parámetros de un stock es fundamental para el conocimiento de la dinámica. Son pocos los modelos de dinámica de poblaciones que no necesitan incluir alguno de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy; en general, además estos modelos son muy sensibles a variaciones de  $L_{\infty}$ ,  $W_{\infty}$  y  $k$  ( $t_0$  en general no tiene tanta importancia). Es por lo tanto, fundamental, obtener una estimación lo menos sesgada posible de estos parámetros. A esta estimación se llega por dos pasos sucesivos e independientes:

- Establecimiento de la relación talla-edad media;
- Obtención de los parámetros a partir de esta relación.

Con respecto al primer paso, sólo hay dos posibilidades teóricas: obtener esta relación del estudio, más o menos fino de las frecuencias de talla, y obtener directamente las edades a partir de las estructuras de crecimiento (escamas, otolitos, etc). No es necesario insistir en la importancia de este paso; los errores o sesgos en la determinación de las tallas medias son fundamentales en la obtención de parámetros incorrectos.

El segundo paso presenta una problemática distinta. El hecho de no ser inmediata la estimación de los parámetros hace que se hayan propuesto distintas soluciones generalmente bastante engorrosas de computación. Los resultados obtenidos por estos distintos métodos son también desiguales. Naturalmente si se prueban a partir de datos obtenidos de una curva teórica, todos los métodos coinciden en el mismo resultado esperado. En este trabajo se presentan tres métodos para el crecimiento de *Merluccius capensis* en la División 1.5 durante los años 1977, 1978, 1979 y 1980. Muchos autores han presentado ya estimaciones de los parámetros de crecimiento en este área y para esta especie, generalmente habían utilizado el método de Walford y con resultados, si no con-

tradictorios, sí muy desiguales.

El presente trabajo trata de aportar un nuevo enfoque en el problema del cálculo de los parámetros del crecimiento de la merluza.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Los datos utilizados en el presente trabajo han sido obtenidos a partir de muestreos realizados en los barcos españoles que faenan en la División 1.5 de ICSEAF (25° S-30° S) y a una profundidad que oscila entre 270 y 420 m.

Para la determinación de la edad se procedió a la lectura de 4 339 pares de otolitos de merluza distribuidos de la siguiente manera: 777 correspondientes al año 1977, 903 del año 1978, 1 219 del 1979 y 1 440 correspondientes al primer semestre de 1980.

La lectura de los otolitos se llevó a cabo utilizando una lupa binocular con iluminación lateral sobre fondo oscuro.

Se calculó a continuación la talla media para cada grupo de edad y año.

Métodos de estimación de los parámetros de crecimiento

Casi todos los métodos de estimación de los parámetros de crecimiento se basan en ajustes, por el método de los mínimos cuadrados, lo que cambia son las variables dependiente e independiente. Los distintos métodos se pueden esquematizar, desde este punto de vista y son los siguientes:

<u>Método</u>	<u>Función de estimación</u>
Walford (1946)	$l_{t+1} = f(l_t)$
Beverton (1954)	$\ln(L_{\infty} - l_t) = f(t)$
Allen (1966)	$l_t = f(e^{-kt})$
Tomlinson & Abramson (1961)	$l_t = f(t)$

El método de Walford es el más conocido y sencillo. Permite estimar la  $L_{\infty}$  y  $k$  a partir de la función lineal:

$$l_{t+1} = L_{\infty} (1 - e^{-k}) + e^{-k} l_t \quad (1)$$

A veces los resultados obtenidos pueden ser muy defectuosos, debido principalmente a que la pendiente ( $k$ ) es extraordinariamente sensible a variaciones de muestreo. Por otra parte no permite calcular  $t_0$ , cosa que se debe hacer por el método de Beverton o el de Gulland (1963).

El método de Beverton se basa en la función:

$$\ln (L_{\infty} - l_t) = \ln L_{\infty} + kt_0 - kt \quad (2)$$

Requiere un valor inicial de  $L_{\infty}$  (normalmente el calculado con otro método). Se resuelve por tanteo la obtención de  $L_{\infty}$  óptimo (que es el que hace más rectilínea la alineación de los puntos). Este criterio, generalmente aplicado a "ojo" es una fuente importante de subjetividad. En este trabajo se utiliza este método para estimar  $t_0$  por el método de Walford.

El método de Allen se basa en el ajuste lineal de la función:

$$l_t = L_{\infty} - L_{\infty} e^{kt_0} \cdot e^{-kt} \quad (3)$$

Precisa una  $k$  inicial y se resuelve iterativamente. Parece que en ocasiones tiene varios puntos de convergencia. Este método permite mucha generalidad en los datos de entrada, ya que no precisa intervalos de edades iguales.

El método de Tomlinson & Abramson consiste, básicamente en un ajuste no lineal (Figura 1), por el método de los mínimos cuadrados, directamente de los datos de edad y talla. Se aplica directamente sobre la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy:

$$l_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t - t_0)}) \quad (4)$$

Siendo  $\hat{l}_t$  el valor esperado según (4) de talla para la edad  $t$ , y

$l_{it}$  la talla observada para el individuo  $i$  del grupo de edad  $t$ ,

entonces la función,

$$Q = \sum_{it} (l_{it} - \hat{l}_t)^2 \quad (5)$$

debe ser mínima para unos valores determinados de  $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$ . Este mínimo se obtiene diferenciando  $Q$  respecto a  $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$  e igualando a 0 las derivadas parciales.

Los cálculos para hallar esta solución no son sencillos; Pimentel-Comes (1953) (citado por Tomlinson & Abramson) da el método de resolución por medio de polinomios. La solución debe hallarse iterativamente por aproximaciones sucesivas, y consultando las tablas de coeficientes polinomiales que dan los autores citados.

Con respecto a otros métodos, este presenta ventajas y desventajas. Exige, por ejemplo, que los intervalos de edad sean iguales y no falte ningún dato intermedio; el cálculo es largo y complejo. Sin embargo, parece que los resultados son más fiables que los de los otros métodos.

Los cálculos han sido hechos con un orde-

nador IBM 1130 con programas de confección propia. Asimismo los valores de las tablas de Tomlinson y Abramson también se calcularon por medio de la función generatriz.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se han calculado los parámetros del crecimiento para los grupos de edad 2 a 14 con los distintos métodos, para los cuatro años estudiados y para el conjunto de estos. Esta su-  
marización se ha hecho bajo el supuesto de que por tratarse de la misma población, la tasa de crecimiento no debe variar ostensiblemente en años sucesivos.

En el Cuadro 1 se presentan los parámetros obtenidos y en los Cuadros 2 a 6 las tablas medias observadas y las estimadas a partir del modelo de von Bertalanffy, usando las distintas estimaciones.

La interpretación de los otolitos de merluza de ejemplares menores de tres años presenta serias dificultades, producidas por la existencia de bandas intranucleares que inducen a error en la estimación de la edad. Este problema se produce principalmente en los peces del grupo de edad 1, por tanto hemos calculado los parámetros del crecimiento para las clases de edad 2 a 14.

Las estimaciones de los parámetros del crecimiento por el método de Allen y por el de Tomlinson & Abramson están muy de acuerdo entre sí y discrepan de las obtenidas por el método de Walford (Cuadro 1). Estas últimas son para  $L_{\infty}$  menores en los años 1978 y 1979 y mayores en el resto. El acuerdo de los dos métodos mencionados y las consideraciones teóricas citadas nos inducen a preferir emplear los métodos de Allen y Tomlinson & Abramson, al de Walford.

A pesar de esto, se observa como los parámetros para los distintos años presentan diferencias entre sí, por tanto no consideramos nuestros resultados como definitivos. No obstante, esta variación entre los valores de  $L_{\infty}$  se presenta en los datos publicados por distintos autores (Botha 1971, Kolender 1975, Draganik 1976, Preński 1978), los valores oscilan entre 125 cm (Preński 1978) y 174 cm (Kolender 1975).

Dado que estos trabajos se han realizado con número suficiente de otolitos y que no es de esperar que se presenten variaciones tan importantes en los parámetros del crecimiento, creemos que la fuente de variación se debe al sesgo introducido en la lectura de otolitos. En 1975, Elwertowski y Piotrowski, trabajando en el crecimiento de *M. capensis* llegaron a conclusiones similares.

Es patente la necesidad de llegar a un mejor acuerdo en los criterios de interpretación de los otolitos de merluza.

Otra posible causa de variación se encuentra en la probable existencia de varios stocks de merluza en el área estudiada.

## REFERENCIAS

ALLEN, K.R. 1966 - A method of fitting growth curves of the von Bertalanffy type to

observed data. J. Fish. Res. Board Can. 23(3): 163-277.

BEVERTON, R.J.H. 1954 - Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. U.S. Fish. Wildl. Ser., Fish. Lab. Beaufort, Misc. Contrib. 2: 181pp.

BOTHA L. 1971 - Growth and otolith morphology of the Cape hakes Merluccius capensis and Merluccius paradoxus. Investl Rep. Div. Sea Fish. S. Afr. 97: 1-32.

DRAGANIK, B. 1976 - Fishing mortality of hake stocks exploited in Subarea 1 of the ICSEAF Convention area. Colln scient. Pap. int. Commn SE. Atl. Fish. 3: 59-84.

ELWERTOWSKI, J. and A. PIOTROWSKI 1975 - An attempt to assess the parameters of hake stocks by means of computer programs. Colln scient. Pap. int. Commn SE. Atl. Fish. 2: 44-53.

KOLENDER, E. 1975 - Age and growth rate of hakes in the ICSEAF area. Colln scient. Pap. int. Commn SE. Atl. Fish. 2: 70-76.

GULLAND, J.A. 1963 - Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. FAO Fish. Tech. Pap. 40: 60pp.

PIMENTEL-GOMES, F. 1953 - The use of Mitscherlich's regression law in the analysis of experiments with fertilizers. Biometrics 9(4): 498-516.

PRENSKI, L. 1978 - Studies on hake Merluccius capensis, in ICSEAF Divisions 1.4 and 1.5 in 1977. Colln scient. Pap. int. Commn SE. Atl. Fish. 5: 89-94.

TOMLINSON, P.K. and N.J. ABRAMSON 1961 - Fitting a von Bertalanffy growth curve by least squares. Fish. Bull. Calif. 116: 3-69.

WALFORD, L.A. 1946 - A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull. 90(2): 141-147.

#### SUMMARY

In the present paper the growth parameters for Merluccius capensis in Division 1.5 were calculated from readings of 4 339 pairs of otoliths collected from 1977 to 1980.

The method of Walford, Allen and Tomlinson & Abramson were applied to estimate the growth parameters.

The values obtained for age groups 2 to 14 for the four years as a whole were as follows:

	$L_{\infty}$	k	$t_0$
Walford	159,303	0,0593	-1,2155
Tomlinson & Abramson	139,935	0,0769	-0,7221
Allen	140,007	0,0768	-0,7239

The agreement found in the results obtained using the Allen and Tomlinson & Abramson methods, together with theoretical considerations on methodology, lead us to prefer these two methods to the Walford method.

The growth parameters for hake calculated by different authors working in Division 1.5 exhibit appreciable variations, which may be due to different criteria for otolith interpretation. For this reason we would stress the need for better agreement on standards for otolith interpretation.

Another possible source of difference in the results of the different authors may be the existence of several separate hake stocks in Division 1.5.

#### RESUME

Ce document présente les calculs des paramètres de croissance de Merluccius capensis dans la division 1.5 à partir de la lecture de 4 339 paires d'otolithes prélevées de 1977 à 1980.

Pour estimer les paramètres de croissance, on a appliqué les méthodes de Walford, d'Allen et de Tomlinson & Abramson.

Pour l'ensemble des quatre années, les valeurs obtenues pour les groupes d'âge de 2 à 14 sont les suivantes:

	$L_{\infty}$	k	$t_0$
Walford	159,303	0,0593	-1,2155
Tomlinson & Abramson	139,935	0,0769	-0,7221
Allen	140,007	0,0768	-0,7239

La concordance des résultats auxquels aboutissent les méthodes d'Allen et de Tomlinson & Abramson et diverses considérations théoriques au sujet de la démarche à suivre font qu'il est jugé préférable de recourir à ces deux méthodes plutôt qu'à celle de Walford.

Les paramètres de croissance du merlu calculés par plusieurs auteurs travaillant dans la division 1.5 présentent des écarts importants, ce qui est peut-être dû à l'existence de divers critères d'interprétation des otolithes. Cette constatation incite à mettre l'accent sur la nécessité d'harmoniser les normes d'interprétation.

Une autre source d'écarts entre les résultats pourrait être l'existence éventuelle de plusieurs populations de merlu dans la division 1.5.

#### RESUMEN

En el presente trabajo se calculan los parámetros del crecimiento de Merluccius capensis en la División 1.5 a partir de la lectura de 4 339 pares de otolitos recogidos durante los años 1977 a 1980.

Para la estimación de los parámetros del crecimiento se han aplicado los métodos de Walford, Allen y Tomlinson & Abramson.

Los valores obtenidos para los grupos de edad 2 a 14 y los cuatro años en conjunto son:

	$L_{\infty}$	k	$t_0$
Walford	159,303	0,0593	-1,2155
Tomlinson & Abramson	139,935	0,0768	-0,7239

	$L_{\infty}$	$k$	$t_0$
Allen	140,067	0,0768	-0,7239

La concordancia de los resultados entre los métodos de Allen y el de Tomlinson & Abramson, junto con diversas consideraciones teóricas con respecto al método, nos hacen considerar preferible el empleo de ambos métodos al de Walford.

Los parámetros del crecimiento de la mer-

luza, calculados por los distintos autores que trabajan en la División 1.5, presentan notables variaciones que pueden deberse a diferentes criterios de interpretación de los otolitos. Este hecho nos mueve a destacar la necesidad de llegar a un mejor acuerdo en las normas de interpretación de los otolitos.

Otra posible fuente de variación en los resultados podría ser la posible existencia de varias poblaciones de merluza en la División 1.5.

CUADRO 1. Parámetros del crecimiento de *Merluccius capensis* (División 1.5), calculados por tres métodos diferentes y para los distintos años estudiados

		1977	1978	1979	1980	1977-1980
Walford	$L_{\infty}$	136,329	120,274	128,725	160,822	159,303
	$k$	0,0806	0,0977	0,0804	0,0551	0,0593
	$t_0$	-0,7361	-0,0476	-0,8152	-1,3851	-1,2155
Tomlinson & Abramson	$L_{\infty}$	123,149	126,959	168,615	142,423	139,935
	$k$	0,1053	0,0977	0,0539	0,0726	0,0769
	$t_0$	-0,1668	-0,1458	-1,4385	-0,9449	-0,7221
Allen	$L_{\infty}$	123,163	126,984	169,662	142,553	140,007
	$k$	0,1052	0,0977	0,0535	0,0725	0,0768
	$t_0$	-0,1673	-0,1462	-1,4474	-0,9468	-0,7239

CUADRO 2. Valores observados y estimados de  $l_t$  para el año 1977

Grupo de edad	$l_t$				Nº de observaciones
	observados	Walford	Allen	Tomlinson & Abramson	
1	22,10	-	-	-	42
2	28,30	26,98	25,13	25,13	150
3	33,70	35,45	34,92	34,92	178
4	40,10	43,26	43,74	43,74	168
5	50,00	50,47	51,68	51,68	116
6	59,50	57,12	58,82	58,83	20
7	65,40	63,26	65,25	65,26	32
8	71,90	68,92	71,04	71,04	20
9	77,90	74,14	76,25	76,25	22
10	83,30	78,95	80,94	80,94	13
11	86,70	83,40	85,16	85,16	8
12	87,00	87,50	88,95	88,96	2
13	91,00	91,28	92,37	92,37	4
14	95,00	94,77	95,45	95,45	2

CUADRO 3. Valores observados y estimados de  $l_t$  para el año 1978

Grupo de edad	$l_t$				Nº de observaciones
	observados	Walford	Allen	Tomlinson & Abramson	
1	21,80	-	-	-	84
2	26,70	21,81	24,02	24,02	206
3	32,10	30,97	33,61	33,61	160
4	40,20	39,29	42,31	42,30	175
5	48,80	46,83	50,19	50,19	112
6	55,70	53,66	57,34	57,34	65
7	63,90	59,86	63,82	63,82	70
8	74,20	65,49	69,70	69,70	24
9	78,60	70,59	75,04	75,04	5
10	79,00	75,21	79,87	79,87	1
11	81,00	79,41	84,26	84,26	1

CUADRO 4. Valores observados y estimados de  $l_t$  para el año 1979

Grupo de edad	$l_t$				Nº de observaciones
	observados	Walford	Allen	Tomlinson & Abramson	
1	24,40	-	-	-	95
2	28,80	26,09	28,58	28,53	129
3	36,20	34,03	35,93	35,89	177
4	43,00	41,35	42,90	42,86	219
5	48,80	48,11	49,51	49,46	187
6	54,20	54,34	55,77	55,71	169
7	61,60	60,09	61,70	61,64	98
8	68,10	65,40	67,33	67,26	75
9	73,20	70,29	72,66	72,58	40
10	79,90	74,81	77,71	77,62	25
11	80,20	78,98	82,51	82,40	5

CUADRO 5. Valores observados y estimados de  $l_t$  para el año 1980 (1er semestre)

Grupo de edad	$l_t$				Nº de observaciones
	observados	Walford	Allen	Tomlinson & Abramson	
1	25,50	-	-	-	161
2	30,20	27,39	27,43	27,42	166
3	34,50	34,55	35,48	35,47	198
4	40,70	41,33	42,98	42,96	217
5	47,30	47,74	49,94	49,93	245
6	54,80	53,81	56,42	56,40	168
7	64,10	59,55	62,45	62,43	96
8	71,30	64,99	68,05	68,03	83
9	76,10	70,13	73,27	73,24	50
10	77,50	75,00	78,10	78,09	30
11	81,40	79,61	82,62	82,59	14
12	85,50	83,96	86,81	86,78	12

CUADRO 6. Valores observados y estimados de  $l_t$  para los años 1977 a 1980

Grupo de edad	$l_t$				Nº de observaciones
	observados	Walford	Allen	Tomlinson & Abramson	
1	24,08	-	-	-	382
2	28,38	27,67	26,44	26,44	651
3	34,18	35,25	34,85	34,85	713
4	41,10	42,40	42,63	42,63	779
5	48,45	49,13	49,83	49,84	660
6	54,92	55,48	56,50	56,51	422
7	63,37	61,46	62,68	62,69	296
8	70,52	67,10	68,40	68,41	202
9	75,55	72,41	73,70	73,70	117
10	79,48	77,42	78,60	78,61	69
11	82,69	82,14	83,15	83,15	28
12	85,71	86,58	87,35	87,36	14
13	91,00	90,77	91,25	91,25	4
14	95,00	94,72	94,85	94,86	2

CUADRO 7. Valores de la relación talla-edad y parámetros de crecimiento, calculados a partir de ellos por varios autores, en la División 1.5

Autor	Relación talla-edad													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Botha (1971)	-	-	32,58	38,34	46,02	56,91	63,36	71,01	80,62	80,76	88,57	-	-	-
Kolender (1975)	16,17	25,25	34,18	42,33	50,19	57,54	64,45	70,75	76,19	84,42	90,20	96,43	99,50	104,00
Draganik (1976)	21,00	28,40	35,20	43,30	51,40	59,40	66,00	72,50	78,60	82,70	-	-	-	-
Preñski (1977)	18,90	26,60	32,60	38,80	48,60	56,90	67,20	73,70	76,18	80,20	85,00	89,00	-	-
datos propios, 1977-1980 (1er semestre)	24,04	28,38	34,18	41,10	48,45	54,92	63,37	70,52	75,55	79,48	82,69	85,71	91,00	95,00

Botha  $L_{\infty} = 141,35$  cm;  $k = 0,0911$ ;  $t_0 = 0,4731$

Kolender  $L_{\infty} = 174,83$  cm;  $k = 0,0635$ ;  $t_0 = 0,3653$

Draganik  $L_{\infty} = 138,50$  cm;  $k = 0,0883$ ;  $t_0 = -0,3200$

Preñski  $L_{\infty} = 125,20$  cm;  $k = 0,1060$ ;  $t_0 = 0,2112$

Datos propios  $L_{\infty} = 139,935$  cm;  $k = 0,0769$ ;  $t_0 = -0,7221$  (Tomlinson & Abramson)

$L_{\infty} = 140,007$  cm;  $k = 0,0768$ ;  $t_0 = -0,7239$  (Allen)



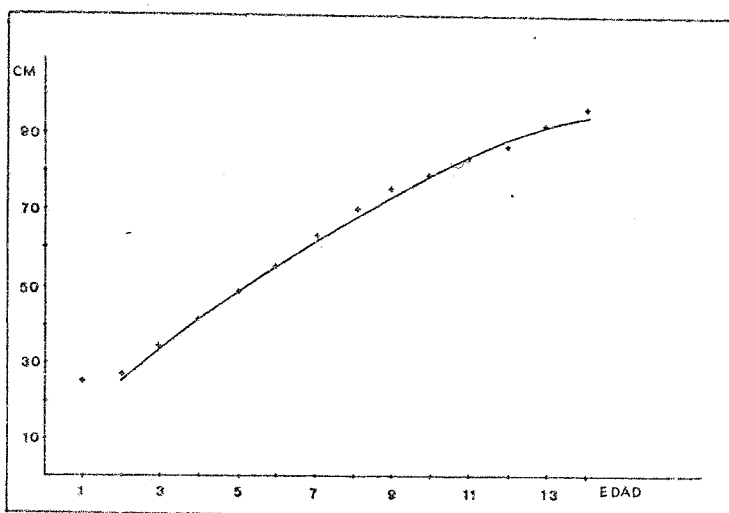


FIG. 1. Curva de crecimiento de la merluza, calculada por el método de Tomlinson & Abramson, para los años 1977 a 1980. Los puntos corresponden a las tallas medias calculadas a partir de la lectura de otolitos