

Edad y crecimiento de *Dissostichus eleginoides* (Pisces: Notheniidae) en la costa centro sur de Chile (38° 19' a 43° S)

Age and growth of *Dissostichus eleginoides* (Pisces: Notheniidae) in the
south of the Chilean central coast (38° 19' to 43° S)

PEDRO S. RUBILAR, CARLOS A. MORENO y ALEJANDRO R. ZULETA

Instituto de Ecología y Evolución, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile
E-mail: cmoreno@uach.cl

RESUMEN

Se estudió la edad y el crecimiento de *Dissostichus eleginoides* Smitt 1898 capturado entre 38° 19' y 43° de latitud sur frente a la costa Chilena. Se analizaron 814 pares de escamas provenientes de la captura de la flota artesanal que opera entre Valdivia y sur de Chiloé (X Región). La validación de la lectura de anillos para la asignación de edad se hizo mediante el análisis del tipo de borde presente en la escama. Los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy fueron estimados mediante regresión no lineal de las tallas promedio a la edad, retrocalculadas por medio de la ecuación de Fraser-Lee (Ricker 1992). Las ecuaciones que describen el crecimiento de esta especie en el área de estudio son las siguientes:

Longitud total (Lt ; cm):

Machos : $L_t = 181,5 (1 - \exp^{-0,060(t+0,533)})$
Hembras : $L_t = 223,1 (1 - \exp^{-0,048(t+0,658)})$
Total : $L_t = 218,2 (1 - \exp^{-0,048(t+0,664)})$

Peso eviscerado (Kg):

Machos : $W_t = 77,4 (1 - \exp^{-0,060(t+0,533)})^{3,364}$
Hembras : $W_t = 114,5 (1 - \exp^{-0,048(t+0,658)})^{3,30}$
Total : $W_t = 137,3 (1 - \exp^{-0,048(t+0,664)})^{3,32}$

Palabras clave: *Dissostichus eleginoides*, crecimiento, edad, escamas, Chile.

ABSTRACT

Age and individual growth of *Dissostichus eleginoides* Smitt 1898 were studied with samples of the area comprised between 38° 19' to 43° S along the Chilean coast. The analyzed material corresponds to 814 pairs of scales obtained from the artisanal fleet capture which operated from Valdivia in the X Administrative Region. Age was determined using growth rings. The rings lecture for age assignment was validated by means of the monthly analysis of type of edge present in the scales. Growth parameters of von Bertalanffy model were estimating through nonlinear regression, based on retrocalculated average size at age by means of the Fraser-Lee equation (Ricker 1992). The equations that represents the growth of *D. eleginoides*, in the area of study, are:

Total Length (Lt; cm):

Males : $L_t = 181,5 (1 - \exp^{-0,060(t+0,533)})$
Females : $L_t = 223,1 (1 - \exp^{-0,048(t+0,658)})$
Total : $L_t = 218,2 (1 - \exp^{-0,048(t+0,664)})$

Eviscerated weight (Wt; kg):

Males : $W_t = 77,4 (1 - \exp^{-0,060(t+0,533)})^{3,364}$
Females : $W_t = 114,5 (1 - \exp^{-0,048(t+0,658)})^{3,30}$
Total : $W_t = 137,3 (1 - \exp^{-0,048(t+0,664)})^{3,32}$

Key words: *Dissostichus eleginoides*, growth, age, scales, Chile.

INTRODUCCION

Los estudios de edad y crecimiento conocidos para *Dissostichus eleginoides* Smitt 1898 (Zacharov & Frolkina 1976, Hureau & Ozouf-Costaz 1980, Pavez et al. 1983, Young et al. 1987, Shust et al. 1991, Aguayo 1992, Young et al. 1995 y Cassia 1998) se han basado mayoritariamente en la lectura de edad en escamas, debido a la nitidez de los anillos y al rápido y fácil tratamiento de estas estructuras, y por la facilidad para obtener las muestras desde la pesquería comercial. Los otolitos de esta especie presentan problemas de lectura porque en muchos casos la estructura es totalmente opaca, siendo extremadamente difícil visualizar anillos. Las comparaciones de lectura de edad usando escamas y otolitos de *D. eleginoides* fueron realizadas por Young et al. (1995), quienes encontraron diferencias significativas entre ambas lecturas. En cambio, Cassia (1998) no encontró estas diferencias para muestras de esta especie de las Islas Georgia del Sur.

Debido a la amplia distribución geográfica de esta especie típica de taludes continentales, se conocen estudios realizados en distintas localidades de su área de distribución. Por ejemplo en la subárea 48.3 de FAO (Islas Georgia del Sur) fue estudiado por Shust et al. (1991), Aguayo (1992) y Cassia (1996); para el sector del Atlántico sur-oeste por Zacharov & Frolkina (1976), y Hureau & Ozouf-Costaz (1980) para el sector de las Islas Kerguelen y Crozet en el Océano Indico. En la costa chilena se conocen los estudios de crecimiento de Pavez et al., (1983) para el área de Valparaíso; Young et al. (1987), para la VIII Región, y Aguayo (1992) y Young et al. (1995) para el sur del paralelo 47°. Para la extensa área comprendida entre la VII y XI Regiones donde se desarrolla una importante explotación de este especie no existen antecedentes de este tipo, que se encuentran en el presente estudio.

Sin embargo, entre los diferentes estudios realizados se ha detectado variabilidad. En algunos casos se debe a la imprecisión de los métodos de lectura y en otros a la variabilidad de las condiciones ambientales en que se desarrolla el ciclo de vida de

esta especie, ambas causas de error inevitables en un estudio de este tipo. Debido a ello, a diferencia de los estudios previos, hemos incorporado un análisis de la variación encontrada en los parámetros de crecimiento y al mismo tiempo, presentamos las claves talla edad para incorporar la variabilidad de la edad a la talla. Consecuentemente de esta manera proveer la información necesaria para estudiar su dinámica poblacional y permitir la administración de *D. eleginoides* sobre la base de una estructuración en edades más realista y que incorpore la incertidumbre asociadas a los parámetros de crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio comprendió las zonas de pesca de la flota artesanal con puerto base en Valdivia y que se extiende entre los 38° 19' y 43° S (Fig. 1). El muestreo de escamas, la medición de la longitud total, peso eviscerado y sexo de *D. eleginoides*, se realizó sobre una muestra al azar de 814 individuos, y fue efectuada en la planta de

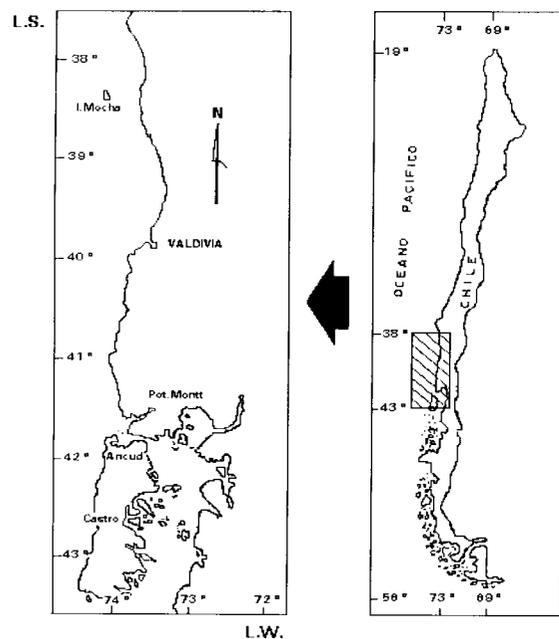


Fig. 1: Área de estudio desde Isla Mocha al sur de la Isla de Chiloé (38° 19' a 43° S).

Study area from Mocha Island to the southern part of Chiloé Island (38° 19' to 43° S).

la empresa "Pesquera Isla del Rey", ubicada en Niebla (Comuna de Valdivia), desde el 03 al 30 de agosto de 1991. Posteriormente, desde diciembre de 1991 hasta octubre de 1992, se obtuvieron muestras de 50 especímenes mensuales con la finalidad de hacer el seguimiento del tipo de borde presente en las escamas y validar las lecturas de anillos y su relación con la edad. Mensualmente el tipo de borde se clasificó en bordes de crecimiento rápido (claro) o lento (oscuro), dependiendo del espaciamiento entre las escleritas.

Se removieron al menos 20 escamas por pez desde el flanco bajo la aleta pectoral, las que fueron colocadas en sobres de papel numerados. Posteriormente, en el laboratorio se seleccionaron dos escamas por pez, las que fueron fijadas entre placas de vidrio mediante un adhesivo transparente. Estas placas se montaron en marcos para diapositiva y se proyectaron sobre un fondo blanco a una distancia fija, lográndose un aumento proporcional a la distancia, la que fue estandarizada. Todas las mediciones, desde el foco a los diferentes anillos, se realizaron con precisión milimétrica directamente sobre la imagen proyectada.

Se confeccionaron claves talla-edad a partir de la muestra aleatoria, los ejemplares

fueron distribuidos en intervalos de tallas y clasificados de acuerdo a la edad determinada.

El crecimiento se analizó en forma indirecta a través de la relación lineal entre la longitud del pez y la longitud de la escama (distancia medida entre el foco y el margen de la escama), bajo el supuesto de un crecimiento alométrico lineal (Ricker 1975), representado a través del método de retrocálculo de Fraser-Lee (Ricker 1992), cuya expresión es la siguiente:

$$L_i = a + (L - a) \frac{E_i}{E}$$

donde L : longitud total del pez al momento de la captura (cm), E : longitud de la escama (cm) medida desde el foco al borde; L_i : longitud del pez al momento de la formación del i-ésimo anillo; E_i : longitud del i-ésimo anillo en la escama (cm) medido desde el foco al anillo en cuestión; a: intercepto.

El método de retrocálculo se justifica por la ausencia de ejemplares menores de 4 años en los desembarques, por lo tanto es necesario para reconstruir los tamaños de las edades iniciales, asumiendo que el proceso de crecimiento ha ocurrido de manera similar al de los ejemplares mayores presentes en el análisis.

El crecimiento en longitud se describe utilizando el modelo clásico de von Bertalanffy, cuyos parámetros son L_∞ : longitud asintótica; K : coeficiente de crecimiento de Brody; t_0 : edad teórica a la cual el pez tiene longitud cero. Los parámetros L_∞ , K y t_0 fueron estimados mediante mínimos cuadrados no lineales, utilizándose para ello el algoritmo de Gauss-Newton. El error estándar y los intervalos de confianza (95%) de cada uno de los parámetros fueron obtenidos a partir de los valores estimados y sus residuales.

En base a los resultados del modelo de crecimiento elegido, se comparó el crecimiento entre sexos mediante un enfoque multivariado, aplicándose la prueba T2 de Hotelling (Bernard 1981, Headrick & Margraf 1982, Bustos et al. 1986).

Combinando la ecuación de crecimiento para longitud con la relación talla-peso, y definiendo el peso máximo asintótico como,

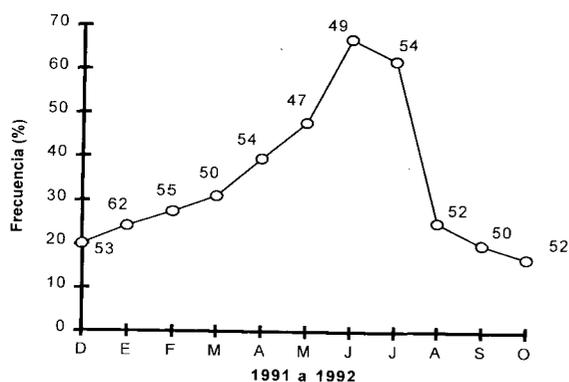


Fig. 2: Distribución de frecuencias de bordes de crecimiento lento (zonas oscuras) en el borde de escamas de *D. eleginoides* en la zona centro-sur de Chile (38° 19' a 43° S). El rótulo indica el número de peces muestreados cada mes.

Frequency distribution of slow growth borders (dark zones) at the scales border of *D. eleginoides* of the south-central coast of Chile (38° 19' to 43° S). The labels show the number of fish samples in every month.

$W_{\infty} = a(L_{\infty})^b$ entonces el crecimiento en peso se expresó como:

$$W_t = W_{\infty}(1 - \exp^{-K(t-t_0)})^b,$$

donde: a, b : parámetros de la relación talla - peso.

Para probar crecimiento isométrico en los peces, se realizó una prueba de Student.

RESULTADOS

La distribución de bordes de crecimiento lento y rápido (Fig. 2), desde diciembre de 1991 hasta octubre de 1992, muestra que la mayor frecuencia de anillos de crecimiento lento ocurre en invierno (junio-julio), por lo tanto es posible señalar que *D. eleginoides* presenta un patrón de formación de anillos de crecimiento lento invernal, con sólo 1

anillo anual. Luego, es posible asignar a un pez que presenta "n" anillos un valor de "n" años.

El examen de las escamas mostró un anillo muy cercano al centro, entre el foco y el primer anillo neto legible, el cual no fue considerado como anillo de crecimiento, ya que no siempre apareció o no fue legible. Las claves talla - edad para machos, hembras y total (sin diferenciar sexos) para *D. eleginoides*, se entregan en las Tablas 1, 2 y 3, respectivamente. En cada una de las claves se observa una falta de ejemplares sobre los 130 cm y menores a 45 cm de L_t , lo cual es producto, del tamaño de los anzuelos usados en el caso de los más pequeños, de la profundidad de pesca y del tamaño mínimo exigido por el mercado comprador. En el caso de los ejemplares mayores a 130 cm, la menor frecuencia puede explicarse porque estos animales se encuentran

TABLA 1

Clave talla - edad para machos de *D. eleginoides* en la en la costa centro sur de Chile (38° 19' a 43° S)

Size-age key for males of *D. eleginoides* of the south-central coast of Chile (38°19'to 43° S)

Longitud (cm)	Frec.	Grupos de Edad																		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16						
45	49	3	2	1	0															
50	54	13	1	8	4															
55	59	18		2	12	3	1													
60	64	28		1	13	12	1	1												
65	69	29			5	18	6													
70	74	21				7	7	5	2											
75	79	38				6	19	7	2	3	1									
80	84	39					12	15	7	3	1	1								
85	89	42					5	14	15	4	1	1	2							
90	94	28						10	10	8										
95	99	25						1	8	10	5	1								
100	104	16						2	2	6	5		1							
105	109	18							2	9	4	1	2							
110	114	15							1	4	2	6	1							
115	119	5							1				4						1	
120	124	7									3	2	2							
125	129	1																	1	
130	134																			
135	139																			
140	144																			
145	149																			
150	154																			
155	159																			
160	164																			
Total	346		3	12	34	46	51	55	50	47	22	12	12	1	1					

a profundidades mayores y se ha observado con regularidad que se sueltan de los anzuelos al momento de ser llevados a bordo (Moreno 1991).

En machos, la máxima edad leída fue de 16 años, y en hembras 21 años, con una falta evidente de edades intermedias (17 a 20 años). En machos las edades 15 y 16 fueron muy escasas.

Las relación entre la longitud total del pez y la longitud de la escama es lineal en machos y hembras, presentando un alto coeficiente de correlación (Tabla 4). Un análisis de paralelismo y concurrencia indica que existen diferencias entre las pendientes de ambas rectas ($P < 0,05$) y también que existen diferencias estadísticas entre los interceptos de ambas rectas ($P < 0,01$).

Sin embargo, las longitudes promedio a edades pretéritas (Tabla 5) fueron calculadas mediante la ecuación de Fraser-Lee, asumiendo un intercepto biológico (Campana 1990). En este caso el intercepto biológico "a" es el momento o tamaño de formación y crecimiento de la escama, que en *Dissostichus eleginoides* es de 64 mm de longitud total (Kock 1973). Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy estimados para *D. eleginoides* se indican en la Tabla 6.

Los machos y hembras de *D. eleginoides* presentan un crecimiento similar hasta los 3 años. Luego las hembras alcanzan mayores longitudes a la misma edad (Fig. 3). El análisis multivariado de Hotelling indica un crecimiento diferencial entre sexos (Ta-

TABLA 2

Clave talla - edad para hembras de *D. eleginoides* en la en la costa centro sur de Chile (38° 19' a 43° S)

Size-age key for females of *D. eleginoides* of the south-central coast of Chile (38°19' to 43° S)

Longitud (cm)	Frec.	Grupos de edad																		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
45	49	2		2																
50	54	16	1	12	3															
55	59	13		1	11	1														
60	64	19		1	13	5														
65	69	22			2	13	7													
70	74	30			3	7	16	4												
75	79	35			1	10	18	5	1											
80	84	29				1	13	8	6	1										
85	89	32					8	17	4	3										
90	94	25					2	5	10	6	1	1								
95	99	32					1	7	14	6		2	2							
100	104	21						1	7	5	7	1								
105	109	24						4	7	5	6	1			1					
110	114	19						1	2	2	7	6	1							
115	119	23								2	9	6	3	3						
120	124	11									3	3	2	3						
125	129	12									1	4	3	2	2					
130	134	4											1	1	2					
135	139	3									1				2					
140	144	1												1						
145	149	0																		
150	154	0																		
155	159	0																		
160	164	1																		1
165	169	0																		
170	174																			1
Total		374	1	16	33	37	65	52	51	30	35	24	12	11	6	0	0	0	1	1

bla 7), por lo tanto se justifica tratar ambas de curvas de crecimiento individualmente (Tabla 7). No obstante lo anterior, también se ajustó una curva de crecimiento conjunta (sin diferenciar sexos). Los intervalos de confianza simultáneos fueron calculados con la desigualdad de Bonferroni, dado que se cumple $T = T_{\alpha/2; K; N_1 + N_2 - K - 1} \leq T_o$, donde K corresponde al número de comparaciones de interés (Headrick & Margraf

TABLA 3

Clave talla - edad para ambos sexos (total) de *D. eleginoides* en la costa centro - sur de Chile (38° 19' a 43° S)

Size-age key for both sexes (total) of *D. eleginoides* of the south-central coast of Chile (38° 19' to 43° S)

Longitud Frec (cm)	Grupos de edad																				
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
45	49	5	2	3																	
50	54	29	2	20	7																
55	59	31		3	23	4	1														
60	64	47		2	26	17	1	1													
65	69	51			7	31	13														
70	74	51			3	14	23	9	2												
75	79	73			1	16	37	12	3	3	1										
80	84	68				1	25	23	13	4	1	1									
85	89	74					13	31	19	7	1	1									
90	94	53					2	15	20	14	1	1	2								
95	99	57					1	8	22	16	5	3									
100	104	37						3	9	11	12	1	2								
105	109	42						4	9	14	10	2	1								
110	114	33							3	6	9	12	2	1							
115	119	28							1	2	9	6	2								
120	124	18									6	5	7	3							
125	129	13									1	4	4	3							
130	134	4											3	3	2						
135	139	3									1		1	1	2						
140	144	1													2						
145	149	0												1							
150	154	0																			
155	159	0																			
160	164	1																		1	
165	169	0																			
170	174	1																		1	
Total	720		4	28	67	83	116	106	101	77	57	36	24	12	7	0	0	0	1	1	

TABLA 4

Regresión lineal entre la longitud total del pez - longitud total de la escama para machos, hembras y ambos (total) en *D. eleginoides*, en la costa centro sur de Chile (38° 19' a 43° S)

Linear regression between fish total length - scale total length for males, females and both (total) in *D. eleginoides* of the south-central coast of Chile (38° 19' to 43° S)

Sexo	a	b	n	r	P
Machos	4,473	124,96	394	0,919	<0,05
Hembras	0,960	133,70	402	0,937	<0,05
Ambos	2,734	129,32	798	0,936	<0,05

1982). El 99% de los intervalos de confianza simultáneos para los parámetros θ (L_∞ , K y t_0) no incluyen el valor cero, concluyéndose que para $\alpha=0,01$ los tres parámetros rechazan la hipótesis nula $H_0 = \theta_m - \theta_h = 0$. Por lo tanto, los tres parámetros contribuyen al rechazo de la igualdad de las curvas de crecimiento, siendo su orden de

TABLA 5

Longitudes promedio a edades pretéritas para machos, hembras y total, determinadas por la ecuación de Fraser - Lee, usadas en el cálculo de los parámetros de crecimiento

Mean lengths at future ages for males, females and both (total), performed by the Fraser-Lee equation, used in calculus of growth parameters

Edad	Machos			Hembras			Total		
	L_t (cm)	σ^2	n	L_t (cm)	σ^2	n	L_t (cm)	σ^2	n
1	17,8	2,59	394	18,4	3,08	401	18,1	2,98	797
2	24,8	6,82	394	25,8	8,18	401	25,3	7,95	797
3	34,7	15,92	394	36,1	16,56	401	35,4	17,32	797
4	42,6	23,50	394	44,3	23,81	401	43,5	25,27	797
5	50,4	30,35	391	52,3	34,46	400	51,3	34,56	793
6	57,8	39,14	354	60,1	44,21	369	59,0	45,00	725
7	65,3	43,70	304	68,3	52,53	325	66,8	53,02	631
8	72,8	54,26	256	75,8	59,69	284	74,4	62,83	542
9	79,6	66,19	204	83,4	73,92	218	81,5	78,45	424
10	85,8	76,80	147	90,2	67,58	166	88,1	90,49	315
11	91,8	85,19	97	96,4	74,77	115	94,0	98,35	214
12	97,1	91,82	49	103,5	76,04	85	100,9	107,37	136
13	101,7	97,61	27	107,4	77,13	50	104,9	119,19	79
14	105,0	97,65	14	110,9	73,06	26	109,2	105,48	42
15	107,7	168,67	3	115,4	42,93	14	114,9	99,21	18
16				125,3	11,30	4	119,4	195,74	5

TABLA 6

Parámetros de crecimiento estimados para *D. eleginoides* en la zona centro sur de Chile (38° 19' a 43° S), mediante mínimos cuadrados no lineales

Estimated growth parameters for *D. eleginoides* of the south-central area of Chile (38° 19' to 43° S), by means of non linear minimum squares.

	Parámetro	Valor estimado	Error Estándar	Límites de Confianza 95 %		CV(%)	r^2
				Inferior	Superior		
				Machos	L_∞		
	K	0,060	0,0052	0,047	0,072	8,68	
	t_0	-0,553	0,123	-0,841	-0,264	-22,18	
Hembras	L_∞	223,1	14,0	190,7	255,5	6,26	0,999
	K	0,048	0,0046	0,041	0,059	9,53	
	t_0	-0,658	0,129	-0,96	-0,36	-19,71	
Total	L_∞	218,2	8,7	197,9	238,4	3,99	0,999
	K	0,048	0,0029	0,041	0,055	6,09	
	t_0	-0,664	0,0833	-0,857	-0,47	-12,52	

TABLA 7

Resultado de la prueba multivariada entre curvas de crecimiento de machos y hembras de *D. eleginoides*. Se incluye los datos la matriz de varianzas y covarianzas agrupadas (S) y su inversa S⁻¹, el cálculo de T², los valores tabulados de F y T², los intervalos de confianza y simultáneos de la desigualdad de Bonferroni para diferencias entre los parámetros estimados y el valor crítico F₀

Results of the multivariate test between male and female growth curves of *D. eleginoides*. It includes the variance matrix and grouped co-variances (S) and its inverse S⁻¹, the T² calculus, the tabulated values of F and T², the confidence limits and simultaneous of the Bonferroni inequality for differences between the estimated parameters and the F₀ critical value

S =	0,0073419	0,0002593	-0,45433616	894,651	-80263,077	-33,556
	0,0002593	0,0000131	-0,0244852	S ⁻¹ = -8,263,077	11722405,680	5993,758
	-0,45433616	-0,0244852	46,4532445	-33,556	5393,758	2,536
[θ _{machos} - θ _{hembras}] ^t = [0.1054 0.0118 -41.663]						
		T ² = 6473,6	T ² _{0,01; 3; 27} ≅ 1482	F _{0,01; 3; 27} ≅ 4,6		
F ⁰ crítico						
99% IC =	-33,846	≤	L _∞ (Machos) - L _∞ (Hembras)	≤	-49,474	10,938
	0,01595	≤	K (Machos) - K (Hembras)	≤	0,00765	3,105
	0,2036	≤	t ₀ (Machos) - t ₀ (Hembras)	≤	0,0716	0,443

TABLA 8

Valores de los parámetros de la relación talla - peso (W = a Lb) para *D. eleginoides*, en la zona centro-sur de Chile, (donde W: peso eviscerado (kg) L: longitud total (cm))

Parameter values of the relation size-weight (W = a Lb) for *D. eleginoides* of the south-central area of Chile. (where : W: eviscerated weight (kg) L: total length (cm))

Sexo	a	b	n	R
Machos	1,99E-06	3,36	402	0,992
Hembras	2,57E-06	3,30	212	0,996
Ambos	2,36E-06	3,32	814	0,994

TABLA 9

Prueba de isometría para el crecimiento de *D. eleginoides*, mediante la Prueba t-Student a un nivel de confianza de un 95%, bajo la hipótesis nula que b= 3

Isometry test for *D. eleginoides* growth, by means of the t-Student Test at a confidence level of 95%, under the null hypothesis that b=3

Sexo	n	bw	SD(bw)	t _{cal}	t _{tab}	P
Machos	402	3,36	0,136	-2,67	1,96	<0,05
Hembras	412	3,30	0,141	-2,13	1,96	<0,05
Ambos	814	3,32	0,098	-3,30	1,96	<0,05

significancia, según el valor asintótico, $L_{\infty} > K > t_0$.

Los parámetros de la relación talla - peso para machos, hembras y total se muestran en la Tabla 8. En cada caso el coeficiente b es distinto de 3. El análisis de isometría a través de la prueba t-Student ($\alpha=0,05$), indica que en todos los casos el exponente de la relación talla - peso es significativamente distinto de 3 (Tabla 9), por lo tanto, *D. eleginoides* presenta un crecimiento alométrico. El crecimiento en peso eviscerado (kg) queda representado por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Machos} &: W_t = 77,4 (1 - \exp^{-0,060(t+0,533)})^{3,364} \\ \text{Hembras} &: W_t = 114,5 (1 - \exp^{-0,048(t+0,658)})^{3,30} \\ \text{Total} &: W_t = 137,3 (1 - \exp^{-0,048(t+0,664)})^{3,32} \end{aligned}$$

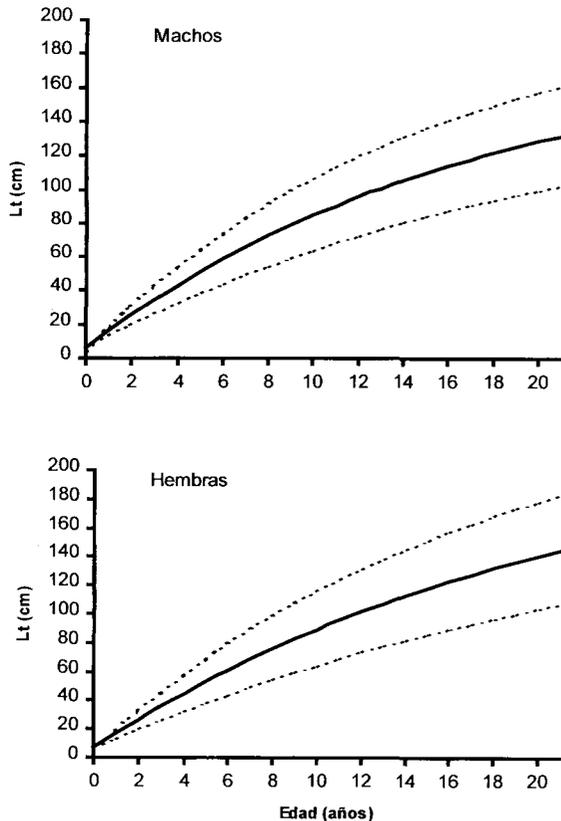


Fig. 3: Curvas de crecimiento para machos y hembras de *D. eleginoides* en la costa centro sur de Chile (38° 19' a 43° S) incluyendo su límite de confianza al 95%.

Growth curves for males and females of *D. eleginoides* of the south-central coast of Chile (38° 19' to 43° S) included its limit of confidence at 95%.

DISCUSION

En este estudio fue posible obtener una estimación de edad para *D. eleginoides* a través de la lectura de anillos de crecimiento en escamas y la obtención de parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, en el área comprendida entre Isla Mocha y extremo sur de la Isla de Chiloé.

Se identificó en las escamas períodos de crecimiento rápido y lento a través del año. El aumento de las frecuencias de bordes de crecimiento lento hacia la temporada de invierno (junio-julio), en concordancia con resultados obtenidos por Hureau & Ozouf-Costaz (1980) en las islas Kerguelen y Crozet, lo que permite concluir que *D. eleginoides* presenta un ritmo anual de formación de anillos de crecimiento en sus escamas.

El retrocálculo utilizado para determinar las edades pretéritas, esta basado en el supuesto de proporcionalidad entre el tamaño del otolito, escama u otra estructura dura y el tamaño del pez (Carlander 1981, Bartlett et al. 1984, Smale & Taylor 1987, campana 1990). Según, Campana (1990), la regresión tradicional y el método de Fraser-Lee son capaces de introducir sesgos en el retrocálculo, dado que la relación tamaño del pez y tamaño de la escama podría no ser lineal debido al crecimiento, tasa metabólica y/o temperatura, por lo tanto deberían ser usados con precaución. Sin embargo esto parece poco probable de ocurrir en *D. eleginoides*, ya que hemos encontrado una buena relación lineal entre la escama y el tamaño del pez. Según Ricker (1992), el método de retrocálculo de Fraser-Lee es preferible sobre otros, porque el parámetro "a" describe un punto objetivo en el desarrollo del pez, el momento de formación y crecimiento de la escama.

El crecimiento diferencial detectado entre machos y hembras coincide con lo informado por Young et al. 1987, no así con Pavez et al. 1983. El crecimiento diferencial entre machos y hembras parece ser una característica bastante desarrollada en especies de hábitos demersales, siendo las hembras de *D. eleginoides* las que alcanzan mayores tallas a una misma edad y, en general, alcanzan mayores tamaños (Des

Clers et al. 1996). Esto probablemente está relacionado con la posibilidad anatómica de albergar importantes cantidades de huevos, que en momentos previos a la madurez alcanzan gran tamaño (alrededor de 4 mm de diámetro), permitiendo una mayor fecundidad absoluta. *D. eleginoides* y su congénere *D. mawsoni*, son considerados los notothenidos más fecundos (Kock & Kellerman 1991).

En *D. eleginoides*, toda las evidencias sugieren que el desove ocurre en invierno. Young et al. 1996, indican que para el sector sur- austral de la costa chilena el desove ocurre entre julio y agosto. En el Atlántico sur, específicamente en el sector de las Rocas Cormorán (Shag Rocks) e Islas Georgia del Sur, esto tiene lugar sobre la plataforma continental desde junio a agosto/septiembre (Anon, SC-CAMLR, 1992). En las Islas Crozet y Kerguelen en el Indico, esto ocurre alrededor de la misma fecha (Duhamel 1987). Larvas de 41-53 mm de longitud capturadas en febrero de 1978, desde las Islas Georgia del sur, no presentaban escamas. Sin embargo, en individuos de 70 mm colectados en la misma área a mediados de marzo de 1982, presentaban escamas con 4 -5 escleritas (North 1990). Kock (1993) reuniendo toda la evidencia presente, plantea que *D. eleginoides* tiene alrededor de 8 a 9 meses de edad y unos 64 a 74 mm de longitud total cuando comienzan a formar la primera escama, lo cual le dejaría sólo unos pocos meses para crecer antes de la llegada del próximo invierno. Durante este segundo invierno, según Hureau & Ozouf-Costaz (1980), se produciría la primera marca anual de crecimiento lento en las escamas previamente formadas. Sin embargo, Kock (1993) manifiesta que la formación del primer anillo de invierno está lejos de ser resuelto, y que la información disponible sugiere que este no se completa antes de primavera. De ser así, la presencia de un anillo poco legible muy cercano al foco podría indicar la primera marca anual, por lo que la edad correspondiente al primer anillo neto legible sería de dos años. Consecuentemente, en esta investigación existe la posibilidad de haber subestimado sistemáticamente la edad en un año. Sin embargo, no hemos hecho la

eventual corrección debido a que todavía no existe la evidencia concluyente de tal hipótesis, ya que los estudios comparativos de lectura de edad entre escamas y otolitos y que podrían resolver este problema han sido discrepantes (Young et al. 1995, Cassia 1998).

La administración pesquera chilena actualmente considera dos unidades de pesquería de *D. eleginoides* a lo largo de la costa chilena sometidos a distintos regímenes de manejo. Al norte del paralelo 43° LS explotado por la flota artesanal sin cuota anual, y al sur del paralelo 47° LS explotado principalmente por la flota palangrera industrial con una cuota basada y distribuida de acuerdo al artículo 40 de la Ley de Pesca (D.S. 430) referido a pesquerías de desarrollo incipiente. Desde el punto de vista del crecimiento individual estas divisiones no se observan, ya que los intervalos de confianza para los parámetros de crecimiento estimados en este estudio incluyen los valores descritos para esta especie en toda la costa de Chile. Young et al. 1987, estiman para las hembras un L_{∞} de 211,9 cm en la zona de Talcahuano y para el stock al sur del paralelo 47° LS Aguayo (1992), estima L_{∞} en 199,2 cm para machos y 214 cm para las hembras. Por lo tanto, los mismos parámetros de crecimiento pueden ser considerados representativos de ambos "stocks".

Recientemente, Kalish y Timmiss (1998) han encontrado que en muestras de otolitos no contaminadas con metales, obtenidas en Valdivia (39° LS en el Océano Pacífico Sur Oriental) y en Las Malvinas (Falkland) (Atlántico del Sur) que las concentraciones de Litio en el centro del otolito son menores (y similares entre sí), que en aquellas obtenidas en las Islas Georgia del Sur y otras localidades antárticas en el sector Indico. Esta observación, es coincidente con las conclusiones de Rodríguez y George-Nascimento (1996) quienes basándose en el estudio de los ensambles de parásitos de *D. eleginoides*, encuentran una mayor similitud entre Chile y Las Malvinas que con las Islas Georgia del Sur. De esta manera, además con el presente estudio se esta consolidando una situación que indica que estos peces de profundidad podrían

formar una sola población sudamericana, sin diferencias entre stocks pesqueros en esta área de su distribución geográfica. De presentarse su ciclo de vida de la misma forma que se ha observado en las Islas Georgia del Sur y Kerguelen (Duhamel 1987) donde los reclutamientos (a la edad 3 y 4) ocurren exclusivamente en la plataforma continental, podría darse el caso que la mayor área de reclutamiento para esta población sea la extensa plataforma continental Argentina y que estos reclutas migren a través del talud continental de Chile y Argentina, generando una situación de transzonalidad todavía no enfrentada para su administración sustentable.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la buena disposición y cooperación prestada por la Pesquera Isla del Rey, Valdivia, otorgando las facilidades para la obtención de muestras biológicas. A Cristián Lemaitre (UACH) por su desinteresada ayuda en el trabajo de terreno y a Valeria Carvajal (Subsecretaría de Pesca) por sus esfuerzos de coordinación del proyecto. A Juan H. Zamorano, por la lectura crítica de una de las versiones preliminares de este trabajo. Este estudio ha sido realizado durante la ejecución de un Convenio de Investigación para el manejo del Bacalao de profundidad entre la Subsecretaría de Pesca y la Universidad Austral de Chile.

LITERATURA CITADA

- AGUAYO M (1992) Preliminary analysis of growth *Dissostichus eleginoides* from the Austral zone of Chile and South Georgia. Document WG-FSA 92/30. Commission for Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), Hobart, Australia. Pp 1-8.
- BERNARD D (1981) Multivariate Analysis as a means of comparing growth in fish. Canadian Journal Fishery and Aquatic Science 38:233-236.
- BARTLETT J R , P F RANDERSSON, R WILLIAMS & D M ELLIS (1984) The use of analysis of covariance in the back-calculation of growth in fish. Journal Fishery Biology 24:201-213.
- BUSTOS E , H ROBOTHAM, E LARA & E. PACHECO (1986) Edad y crecimiento de *Concholepas concholepas* y consideraciones a la aplicación de von Bertalanffy (Gastropoda - Muricidae). Investigaciones Pesqueras (Chile) 33:33 - 45.
- CAMPANA S E (1990). How reliable are growth back-calculations based on otoliths?. Canadian Journal Fishery and Aquatic Science 47: 2219-2227.
- CARLANDER K D 1981. Caution on the use of the regression method of back-calculating lengths from scale measurements. Fisheries 6:2-4.
- CASSIA M C (1998) Comparison of age readings from scales and otoliths of the Patagonian Toothfish (*Dissostichus eleginoides*) from South Georgia. CCAMLR Science 5:191-204.
- DES CLERS S , C P NOLAN, R BARANOWSKI & J POMPERT (1996) Preliminary stock assessment of the Patagonian toothfish longline fishery around the Flakland Islands. Journal of Fish Biology (46) (Supplement A), 145-156.
- DUHAMEL G (1987) Ichtyofaune des secteurs Indien Occidental et Atlantique Oriental de l'océan Austral: Biogéographie, cycles biologiques et dynamics des populations. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Paris VI. 697 p.
- HEADRICK M & J MARGRAF (1982) Comment on multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. Canadian Journal Fishery and Aquatic Science 3:269-280.
- HUREAU J C & C OZOUF-COSTAZ (1980) Age determination and growth of *D. eleginoides* Smitt 1898, from Kerguelen and Crozet Island. Cybium 3a. serie 8: 23-32.
- KALISH JM & TA TIMMISS (1998) Determination of the Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* age, growth and population characteristics based on otoliths. Document WG-FSA-98/40. Commission for Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), Hobart, Australia. Pp 19.
- KOCK K H & A KELERMANN (1991) Reproduction in Antarctic notothenioid fish (Review). Antarctic Science 3:125-150 .
- KOCK K H (1993) The early life history and the onset scale formation in Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides*, Smitt 1898. Document WG-FSA-93/14. Commission for Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), Hobart, Australia. Pp 16.
- MORENO CA (1991) Hook Selectivity in the longline fishery of *Dissostichus eleginoides* (Nototheniidae) off the Chilean coast. SC-CAMLR- Selected Scientific Papers (Australia) 8: 107-119.
- NORTH AW (1988) Age determination of Antarctic Fish: validation of timing of annuli formation in otoliths and scales. Cybium 12: 107-104.
- PAVEZ P, E YAÑEZ, N SALAS, W TARKY, P ROJAS & H FLORES (1983) Estudio del Bacalao de Profundidad *Dissostichus amissus* como recurso pesquero en la Región de Valparaíso (33°S - 72° W): evaluación biológica, tecnológica y económica. Informe final Secretaría Regional de Planificación y Coordinación de la Región de Valparaíso. Estudios y Documentos Universidad Católica de Valparaíso 1/83:1-160.
- RODRIGUEZ L & M GEORGE-NASCIMENTO (1996) La fauna de parásitos metazoos del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* Smitt, 1898 (Pisces: Nototheniidae) en Chile central: aspectos taxonómicos, ecológicos y zoogeográficos. Revista Chilena de Historia Natural 69: 21-33.
- RICKER W E (1975) Computation and interpretation of biological statistic of fish population. Fishery Research. Board of Canada Bulletin 191:1-382.

- RICKER W E (1992) Back-calculation of fish lengths based on proportionality between scale and length increments. *Canadian Journal Fishery and Aquatic Science* 49: 1018-1026.
- SC-CAMLR (1992) Report of the Working Group on Fish Stock Assessment. En: Report of the Eleventh Meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-XI). Commission for Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), Hobart, Australia.
- SHUST K V, P S GASIUKOV, R S DOROVSKIKH & B A KENZHIN (1990) The State of *Dissostichus eleginoides* Stock and Tac for 1990/91 in subarea 48.3 (South Georgia). Document WG-FSA-90/34. Commission for Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), Hobart, Australia.
- SMALE M A & W W TAYLOR. (1987) Sources of back-calculation error in the estimating growth of lake whitefish. En R C Summerfelt & G E Hall (Eds.) Age and growth of fish. pp. 189-202. Iowa State University Press. Ames, IA.
- YOUNG Z, R BUSTOS, M AGUAYO, R GILI, C VERA, J SATELER, L CID & A MUÑOZ (1987) Diagnóstico de las principales pesquerías demersales (Peces) Zona Centro-Sur 1986. Estado de situación del recurso. CORFO/IFOP.
- YOUNG Z, R GILI & L CID (1995) Prospección de Bacalao de Profundidad entre las latitudes 43° y 47° S. Informe Técnico. IFOP/SUBPESCA. 47 p.
- YOUNG Z, H ROBOTHAM & R GILI (1996) Evaluación de la pesquería y stock de Bacalao de Profundidad al sur del paralelo 47° L.S., 1995. Informe Final Proyecto FIP 94-10. IFOP - Fondo de Investigación Pesquera.
- ZACHAROV G P & Z A FROLKINA (1976) Some data on the distribution and biology of the Patagonian toothfish (*Dissostichus eleginoides* Smitt) occurring in the Southwest Atlantic (in Russian). *Trudy AtlantNIRO* 65:143-150.