

DETERMINACION DE EDAD Y ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE CRECIMIENTO DEL CONGRIO DORADO, *GENYPTERUS BLACODES* (SCHNEIDER, 1801) (OSTEICHTHYES, OPHIDIIDAE) EN EL PACIFICO SUR ORIENTAL*

AGE AND GROWTH PARAMETERS DETERMINATION FOR THE KINGKLIP, *GENYPTERUS BLACODES* (SCHNEIDER, 1801) (OSTEICHTHYES, OPHIDIIDAE) AT THE SOUTH-EASTERN PACIFIC*

Javier Chong** y Mario Aguayo***

RESUMEN

Se entregan los resultados de un estudio de edad y crecimiento en el congrio dorado (*G. blacodes*), basado en la lectura de anillos anuales de crecimiento en los otolitos sagitales. Se analizó 3.720 pares de otolitos saculares, que corresponden a muestras de ejemplares recolectados mensualmente durante 1984, en el área de la pesquería sur-austral.

Se determinó la formación de un anillo opaco y otro hialino durante el año y una alta proporcionalidad entre el incremento en longitud del pez y el radio del otolito. Se discriminó hasta 16 anillos anuales en las hembras y 13 en los machos, detectándose un crecimiento diferencial entre los sexos.

La estimación de los parámetros de crecimiento se realizó mediante diferentes métodos de ajuste, utilizando como base el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy, en su forma "generalizada" y "especial". El mejor ajuste para el crecimiento en longitud se obtuvo con el método no lineal, tanto en hembras como en machos.

	L_{∞}	k	t_0	
Hembras	134.8	0.14131	-0.67357	(especial)
	128.7	0.31683	-2.03588	(generalizada)
Machos	117.5	0.17955	-0.53808	(especial)
	111.6	0.43486	-1.60871	(generalizada)

Por su parte, el mejor ajuste de los parámetros de crecimiento en peso se obtuvieron con los métodos no lineal, para el caso "especial" y ETAL I para el caso "generalizado".

	W_{∞}	k	t_0	
Hembras	16.754.8	0.11531	-1.30768	(especial)
	11.677.4	0.32930	-1.92152	(generalizada)
Machos	12.463.0	0.11850	-1.54596	(especial)
	6.670.0	0.40819	-1.50320	(generalizada)

Palabras claves: anillo anual, otolitos, Bertalanffy, Ophidiidae.

ABSTRACT

An age and growth study was carried out on the kingklip, *G. blacodes*, base upon reading of the annual growth rings in the saccular otolith. Monthly samples were collected during 1984 in the sur-austral fishery area and 3.720 otolith pairs were examined. The annual deposition of an opaque and an hyaline ring were observed with a high correlation between the fish length and otolith radius. Sexual differential growth occurred, with up to 16 rings in female and 13 rings in males. Growth parameters based upon the "special" and "general" Bertalanffy growth models were determined by different methods. The best length growth fit was obtained with the non-linear methods in both sexes.

*Contribución 11/89 Sede Talcahuano, Pontificia Universidad Católica de Chile.

**Departamento de Ciencias del Mar, Sede Talcahuano, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 127, Talcahuano, Chile.

***División de Recursos, Instituto de Fomento Pesquero, Casilla 1287, Santiago, Chile.

	L_{∞}	k	t_0	
Female	134.8	0.14131	-0.67357	(special)
	128.7	0.31683	-2.03588	(general)
Male	117.5	0.17955	-0.53808	(special)
	111.6	0.43486	-1.60871	(general)

Meanwhile, the best weight growth fit was obtained with non-linear ("special" type) and with ETAL I ("general" type) methods:

	W_{∞}	k	t_0	
Female	16.754.8	0.11531	-1.30768	(special)
	11.677.4	0.32930	-1.92152	(general)
Male	12.463.0	0.11850	-1.54596	(special)
	6.670.0	0.40819	-1.50320	(general)

Key words: annual mark, otoliths, Bertalanffy, Ophidiidae.

INTRODUCCION

Genypterus ha sido señalado sólo para el Hemisferio Sur: costas de Sudamérica, Sudáfrica, Australia, Tasmania y Nueva Zelandia (Regan, 1903; Norman, 1937, 1966; Cohen & Nielsen, 1978). *G. blacodes*, es la especie que tiene la distribución geográfica más amplia y se encuentra en todas las localidades citadas para el género, excepto Sudáfrica.

En Chile, los antecedentes biológicos-pesqueros de esta especie son escasos y puntuales. La mayoría se han obtenido en la última década y están relacionados con la actividad pesquera extractiva que se desarrolla en la zona sur-austral. Estos estudios incluyen el análisis del ciclo reproductivo mediante índice gonadosomático (IGS) y macroscópico, estructura de tallas y edad de las capturas, capturas por unidad de esfuerzo (abundancia relativa), evaluación del stock en el área de la pesquería de arrastre y estimación de capturas totales permisibles (Aguayo et al., 1985, 1986, 1987; Aguayo & Zuleta, 1988).

Las capturas de congrio dorado, hasta 1979 se realizaban sólo en la zona pesquera centro-sur de Chile (San Antonio-Corral) y eran casi en su totalidad artesanales, el desembarque no sobrepasaba las 2.000 toneladas anuales a lo largo del litoral chileno (Anónimo, 1987). Sin embargo, al promulgarse el DL. 500 (3 de junio de 1974) se autorizó la actividad de barcos extranjeros al sur del paralelo 37° S y hasta las 200 millas náuticas (m.n.) hacia el oeste, que se dedicaron a la extracción de peces demersales, en especial *Merluccius australis* (Hutton), *Macruronus magellanicus* Lonnberg y *Genypterus blacodes* (Schneider).

El conocimiento de la estructura por edades del stock de *G. blacodes* y la dinámica de crecimiento de los individuos, es indispensable para la aplicación de modelos analíticos que permitan ir conociendo el estado de situación del recurso y estimar capturas totales permisibles.

El hecho de disponer de información biológico-pesquera y de muestras de otolitos de congrio recolectadas por el Instituto de Fomento Pesquero en la pesquería sur austral, hizo factible el presente estudio.

MATERIALES Y METODOS

Se analizó otolitos saculares de congrio dorado, correspondientes a ejemplares procedentes de capturas comerciales de barcos factorías que operaron en la zona sur austral en 1984. Se examinó 3.720 pares de otolitos de especímenes cuyas tallas fluctuaron entre 29 y 135 cm en los machos y entre 32 y 146 cm en las hembras (Tabla 1). A cada uno de los ejemplares se les registró el largo total (LT) en mm, el peso en g y sus otolitos fueron extraídos y guardados secos en sobres etiquetados.

El grosor y opacidad de los otolitos en el congrio dorado imposibilita la lectura directa, incluso previa hidratación. Por esta razón fue necesario pulirlos suavemente con lija, Norton N°s 320, 280 y 220, después de haberlos hidratado durante más de 24 hrs. El pulido se efectuó desde el centro hacia los extremos rostral y caudal del otolito y en algunos casos por toda la cara interna para poder observar con claridad los anillos de crecimiento. Este tratamiento es lento y delicado,

Tabla I

Número de otolitos de congrio dorado (*G. blacodes*) analizados en este estudio, muestreados en 1984.

Meses	Hembras	Machos	Legibles	Ilegibles
Marzo	115	133	215	33
Abril	237	346	526	57
Mayo	316	206	483	39
Junio	172	203	330	45
Julio	127	193	287	33
Agosto	199	151	318	32
Septiembre	202	193	361	34
Octubre	241	110	312	39
Noviembre	156	114	240	30
Diciembre	140	166	279	27
Totales	1.905	1.815	3.306	369

pero es la única manera de discernir los anillos anuales y medirlos, para poder aplicar el retrocálculo.

Las mediciones del otolito y el análisis de la naturaleza del borde se efectuaron en el otolito izquierdo pulido, pero cuando no fue posible hacerlo en él, se efectuaron en el otolito derecho. Se consiguió una mayor discriminación de los anillos al teñir con tinta negra indeleble la cara externa de las sagitas. En la denominación del borde del otolito se ha seguido la nomenclatura de Dannevig (1933): O = anillo opaco ancho, o = anillo opaco angosto, H = anillo hialino ancho, h = anillo hialino angosto.

La lectura de los otolitos se realizó con un estereomicroscopio NIKON SMZ 8, con 10x de aumento. El diámetro de los otolitos y de los anillos de crecimiento se hicieron desde el focus o núcleo al borde rostral respectivo y se utilizó un micrómetro ocular de 100 divisiones, donde cada división equivale a 100 micrones o 0,1 mm (d.mm). Las observaciones se hicieron con luz incidente, con la cual las zonas de mayor densidad se ven blancas u opacas por reflexión de la luz y las de menor densidad, oscuras o hialinas por absorción de ella.

La validación del método de lectura de otolitos se efectuó analizando: a) la proporcionalidad entre el incremento en longitud del pez y la del otolito sacular basado en la distancia núcleo-rostro, utilizando la regresión funcional del tipo $Y = u + vX$ (Ricker, 1973). b) la periodicidad en la formación de los anillos de crecimiento anual

mediante el examen de la distribución mensual del material hialino y opaco en el borde de los otolitos (Dannevig, 1933).

La determinación de tallas promedios del pez a diferentes edades se efectuó por retrocálculo. Para tal efecto se utilizó regresiones potenciales funcionales inversas establecidas para la relación longitud total del pez y el radio (núcleo-rostro) del otolito.

Para la estimación de los parámetros de crecimiento se utilizó el modelo de Von Bertalanffy (1934, *vide* Beverton & Holt, 1957) que considera el incremento en tamaño de un individuo como resultado de los procesos de anabolismo y catabolismo, cuya expresión es:

$$dw / dt = H W^d - K W^m$$

donde H y K son las constantes de anabolismo y catabolismo, respectivamente. Las potencias d y m representan las proporciones del peso en función de las cuales varía el anabolismo y catabolismo. En su experimento de laboratorio con "guppies", Von Bertalanffy (1934-1938; *vide* Pauly, 1984) determinó valores de 2/3 para d y de 1 para m. De esta forma la expresión anterior integrada y linearizada por Beverton & Holt (1957), dio origen a las ecuaciones conocidas como el "caso especial" de la fórmula de crecimiento de Von Bertalanffy.

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

$$W_t = W_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^b \quad (2)$$

Debido a la dificultad de estimar directamente el valor de "d", la potencia del peso en función de la cual varía el metabolismo (consumo de O_2), Pauly (1981) propuso hacerlo en forma indirecta mediante una relación entre esta potencia y un factor de superficie relacionado con el crecimiento de las branquias, suponiendo que el área superficial de las branquias es la superficie que limita el crecimiento de los peces.

Pauly (1981, 1984) encontró para diferentes especies de peces una relación empírica entre d y el logaritmo de su peso máximo, expresada por la relación lineal:

$$d = 0,684 + 0,1357 \log W_{\max}$$

y como

$$D = 3(1 - d)$$

entonces

$$D = b(1 - (0,674 + 0,1357 \log W_{\max})) \quad (3)$$

donde el valor de $b = 3$ en el caso de crecimiento isométrico y d diferente a 3 en el caso de crecimiento alométrico.

Cuando $d = 2/3$ y $m = 1$, entonces $D = 1$ que corresponde a las ecuaciones (1) y (2). Para la forma "generalizada" de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy (D distinto de 3) las expresiones son las siguientes:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-KD(t-t_0)})^{1/D} \quad (4)$$

y

$$W_t = W_{\infty} (1 - e^{-KD3/b(t-t_0)})^{b/D} \quad (5)$$

En el ajuste de los parámetros de la ecuación de crecimiento para el caso especial, se empleó en primer lugar el método de Ford-Walford (1946, *vide* Ricker, 1975) que entrega estimaciones de L_{∞} y k. Estos valores se utilizaron como estimados iniciales para el uso de otros métodos más precisos, como el de Allen (1966), que se sustenta en la siguiente ecuación.

$$L_{t+1} = L_{\infty} e^{(Kt_0)} e^{(-Kt)} \quad (6)$$

Una tercera aproximación se realizó con un método no lineal que emplea un procedimiento iterativo de Gauss Newton (Hartley, 1961).

En el ajuste de los parámetros de la ecuación generalizada se empleó el programa ETAL 1 implementado por Gauschutz *et al.* (1980), el cual básicamente incorpora en parte el diagrama de Von Bertalanffy, cuyas ecuaciones linearizadas para longitud y peso son:

$$\ln(1 - L_t^D / L_{\infty}^D) = KDt_0 - KDt \quad (7)$$

y

$$\ln(1 - W_t^{D/b} / W_{\infty}^{D/b}) = (KDt_0)^{3/b} - (KDt)^{3/b} \quad (8)$$

Este método se inicia con un valor de prueba de L_{∞} o W_{∞} , realizando iteraciones hasta que el coeficiente de determinación sea máximo, lo cual indica que se ha encontrado la mejor línea de regresión.

Otro método para el ajuste de parámetros es el no lineal, ya mencionado en el caso que D sea igual a 1, el cual además acepta la incorporación de diferentes valores de este parámetro.

RESULTADOS

Determinación de edad

La determinación de edad implica en primer término establecer los requisitos básicos que aseguren la validez del método de lectura de anillos de crecimiento anual en los otolitos de *G. blacodes*; para tal efecto se analizó:

- Proporcionalidad entre el incremento en longitud del pez y el del otolito. Para conocerla, se correlacionó la longitud total del pez (LT , cm) con la distancia núcleo-rostro o radio del otolito (R_o , d.mm). Las funciones con mejor ajuste en las observaciones fueron las de tipo potencial funcional. Las ecuaciones calculadas para machos (Fig. 1) y hembras (Fig. 2) son:

$$\text{Machos: } R_o = 2,9376 LT^{0,72272} \quad r = 0,8503$$

$$\text{Hembras: } R_o = 3,0031 LT^{0,71878} \quad r = 0,8114$$

La comparación entre las regresiones de machos y de hembras para esta relación

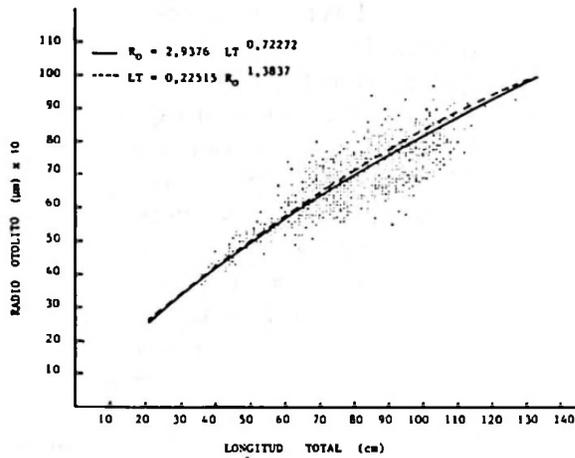


Figura 1. Regresiones potenciales funcionales entre el radio del otolito sacular (R_0) y la longitud total (LT) de *Genypterus blacodes*, macho.

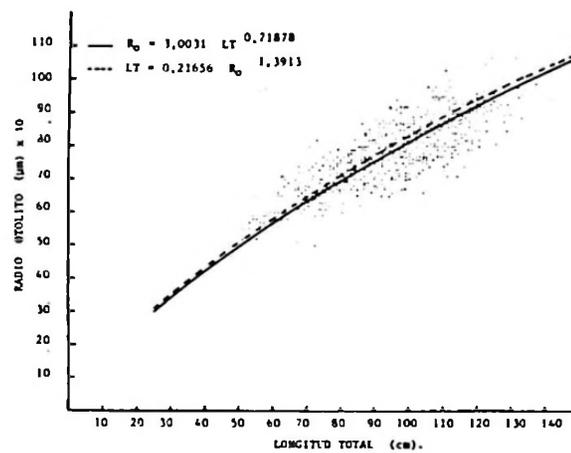


Figura 2. Regresiones potenciales funcionales entre el radio del otolito sacular (R_0) y la longitud total (LT) de *Genypterus blacodes*, hembra.

Tabla 2

Radio promedio de los anillos anuales y longitudes promedio retrocalculadas de congrio dorado (*G. blacodes*): a) machos b) hembras.

a) machos

Anillo (anual)	Radio anillo (micrones)	Long. pez (cm.)	Desviación estándar	Número de observaciones
1	316.6	26.8	3.237	1.645
2	455.3	44.4	3.225	1.561
3	543.2	56.6	3.285	1.542
4	607.5	66.1	6.438	1.428
5	657.2	73.7	3.203	1.211
6	698.2	80.2	4.001	852
7	733.8	85.7	4.081	552
8	764.6	90.9	4.331	312
9	798.8	96.6	4.466	152
10	828.1	101.5	4.406	62

b) hembras

Anillo (anual)	Radio anillo (micrones)	Long. pez (cm.)	Desviación estándar	Número de observaciones
1	313.2	26.1	2.564	1.585
2	454.1	43.8	3.159	1.452
3	544.5	56.3	3.366	1.437
4	613.3	66.5	3.545	1.410
5	666.3	74.6	3.835	1.297
6	712.5	81.9	4.032	993
7	751.6	88.2	4.322	802
8	786.4	94.0	4.410	601
9	817.2	99.5	4.179	378
10	851.9	104.3	4.697	236
11	872.1	108.5	4.763	144
12	895.7	112.6	4.388	75
13	917.4	116.4	3.949	34
14	928.9	118.5	3.018	9

(pendiente e intercepto) se realizó por análisis de covarianza, cuyo resultado para $p < 0,025$, indica que son diferentes.

Los valores de F obtenidos fueron:

$$F = 8,95776 \quad (\text{caso de igual intercepto})$$

$$G.L. = 2.082$$

$$F = 1,13174 \quad (\text{caso de igual pendiente})$$

$$G.L. = 2.082$$

Sin embargo, para efectos de retrocálculos de longitudes de peces a edades pretéritas se ha utilizado las ecuaciones potenciales funcionales inversas siguientes:

$$\text{Machos: } LT = 0,22515 R_0^{1,3837} \quad r=0,850$$

$$\text{Hembras: } LT = 0,21656 R_0^{1,3913} \quad r=0,811$$

b) Periodicidad en la formación de los anillos

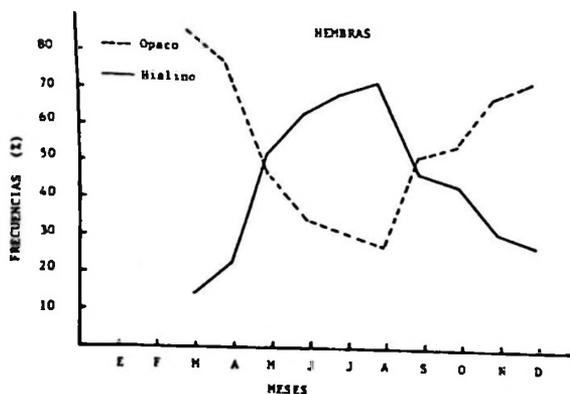
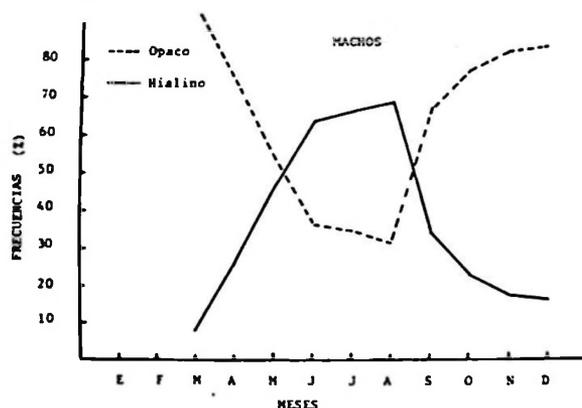


Figura 3. Distribución mensual de frecuencias de bordes hialinos y opacos de los otolitos saculares de machos y hembras de *Genypterus blacodes*.

de crecimiento. Las fluctuaciones del tipo de borde durante los meses analizados, así como la frecuencia mensual de cada uno, para ambos sexos, se entrega en la Fig. 3. Se observa claramente la formación del anillo hialino durante la estación invernal, con un máximo en agosto. Por su parte, el anillo opaco alcanza su máxima frecuencia en primavera y verano, lo que marca una notoria estacionalidad en la formación del anillo hialino anual considerado para los efectos de determinación de edad por retrocálculo.

c) Examen de anillos anuales. Las marcas anuales de crecimiento se observan bien en los otolitos pulidos y sin previo tratamiento son observables sólo los 2-3 primeros anillos en las sagitas. Precediendo al primer anillo anual, generalmente bien nítido, se presentan dos anillos pequeños que han sido considerados preanillos.

Se contaron hasta 14 anillos hialinos en los machos y 16 en las hembras. En la Fig. 4, se presenta la frecuencia de los radios (núcleorostro) de los anillos hialinos, los que indican una distribución unimodal con un amplio rango de longitud y una gran sobreposición en las edades superiores.

d) Estimación de tallas promedios del pez a edades diferentes. En la Tabla 2, se presentan los radios promedios de los anillos anuales y las respectivas longitudes promedio retrocalculadas de los peces con sus correspondientes intervalos de confianza, para un nivel de 5% de significancia.

Estimación de los parámetros de crecimiento

El hallazgo de diferencias significativas en el crecimiento entre los sexos implicó la estimación de tales parámetros en forma independiente, para hembras y para machos.

Crecimiento en longitud

En la estimación de los valores de D, para los machos y las hembras, se utilizó una muestra de 19 valores de pesos máximos observados entre

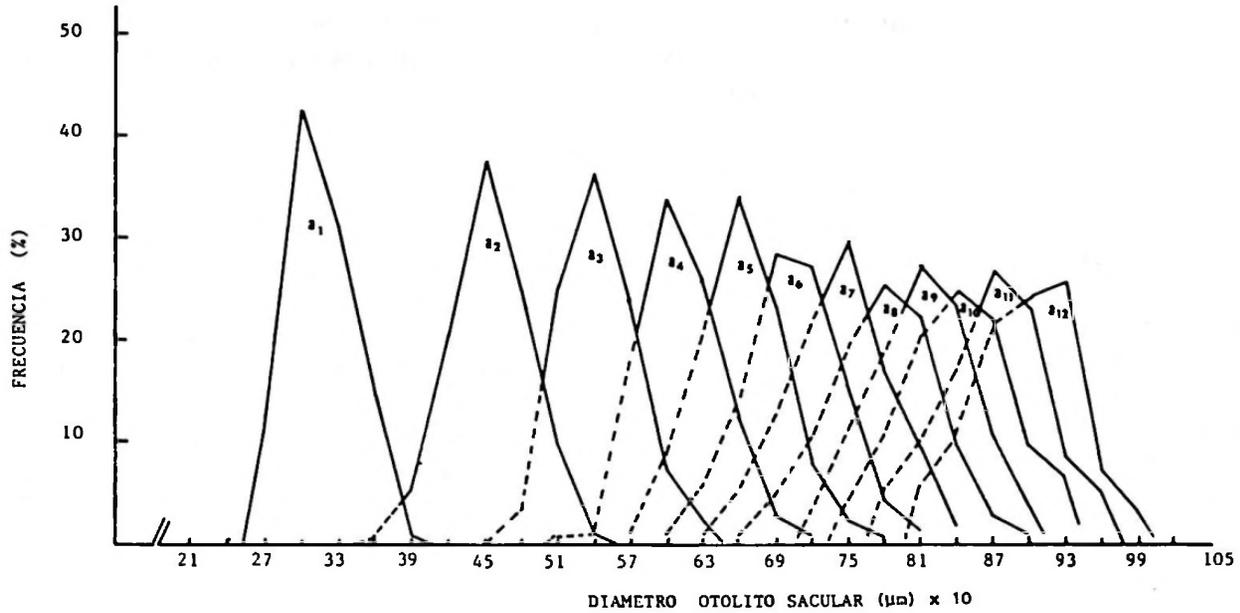


Fig. 4. Distribución de frecuencias de los radios (R_n , micrones) de los anillos hialinos anuales (a_1, a_{12}) correspondiente a las respectivas edades en *Genypterus blacodes*.

Tabla 3

Valores estimados para los parámetros de crecimiento en longitud mediante diferentes métodos de ajuste para el congrio dorado (*G. Blacodes*): a) machos y b) hembras.

a) machos

	Métodos de ajuste				
	Allen (1)	No lineal (1)	FIAL I (1)	FIAL I (2)	No lineal (2)
L_{∞} (cm)	117.8	117.5	119.5	112.3	111.6
K	0.17879	0.17955	0.17273	0.40556	0.43486
t_0	-0.54025	-0.53808	-0.55986	-1.50309	-1.60871
$s_{L_{\infty}}$	5.126	4.31	----	----	4.00619
s_K	0.02082	0.01643	----	----	0.04051
s_{t_0}	0.07169	0.14923	----	----	0.27997
SC*	17.63	14.00	15.56	28.45	23.93
r^2	----	----	0.997	0.995	----

(1) D = 1; (2) D = 0.58; *Suma de cuadrado

b) hembras

	Métodos de ajuste				
	Allen (1)	No lineal (1)	FIAL I (1)	FIAL I (2)	No lineal (2)
L_{∞} (cm)	134.8	134.8	136.1	128.8	128.7
K	0.14135	0.14131	0.13826	0.32931	0.31683
t_0	-0.67725	-0.67357	-0.68236	-1.92118	-2.03588
$s_{L_{\infty}}$	4.358	2.71225	----	----	2.8438
s_K	0.01326	0.00775	----	----	0.02051
s_{t_0}	0.06697	0.11454	----	----	0.24073
SC*	17.83	18.04	17.96	43.44	37.32
r^2	----	----	0.998	0.995	----

(1) D = 1; (2) D = 0.57; *Suma de cuadrados

1985 y 1986, obteniéndose para un peso máximo promedio de 15.100 g. en hembras un $D=0,57$ y en machos un $D=0,58$ correspondiente a un peso máximo promedio de 10.500 g.

En el ajuste de los parámetros de crecimiento en longitud, para machos y hembras, el método que entregó mayor precisión, tanto para $D=1$ como para $D < 1$ fue el no lineal (Tabla 3).

El programa ETAL 1 no entrega estimaciones de los errores estándares de los parámetros de crecimiento, sino que la suma de cuadrados residuales (SCR) y el coeficiente de determinación (r^2).

Los mejores ajustes de los parámetros de crecimiento en machos, tanto para el caso "espe-

cial" como para el "generalizado" se logró con el método no lineal. Las ecuaciones que los representan son:

$$L_t = 117,5 \text{ cm} (1 - e^{-0,17955(t-0,53808)}) \quad (9)$$

$$L_t = 111,6 \text{ cm} (1 - e^{-0,43486 \cdot 0,58(t + 1,60871)})^{1/0,58} \quad (10)$$

En la Tabla 3 se puede apreciar que para las hembras, los métodos de Allen y no lineal presentan sumas de cuadrados residuales muy similares en el caso especial. Sin embargo, los errores estándar de la longitud asintótica (sL_{∞}) y del coeficiente de crecimiento (sk) son inferiores para el segundo. En el caso "generalizado" el ajuste no lineal presenta una mayor precisión que el ETAL

Tabla 4

Longitudes promedio observadas y estimadas, según edad y de acuerdo a distintos métodos, para (*G. blacodes*): a) machos y b) hembras.

a) machos

Edad (años)	L. observada (cm)	L. estimada (Allen)(1)	L. estimada (No lineal)(1)	L. estimada (No lineal)(2)
1	26.8	28.4	28.3	31.7
2	44.4	43.0	43.0	45.9
3	56.6	55.3	55.2	58.5
4	66.1	65.5	65.5	69.1
5	73.7	74.8	74.0	77.8
6	80.2	81.2	81.2	84.9
7	85.7	87.2	87.1	90.6
8	90.0	92.2	92.1	95.1
9	96.6	96.4	96.3	98.7
10	101.5	99.9	99.8	101.5

b) hembras

Edad (años)	L. observada (cm)	L. estimada (Allen)(1)	L. estimada (No lineal)(1)	L. estimada (No lineal)(2)
1	26.1	28.4	28.4	28.3
2	43.8	42.4	42.4	40.5
3	56.3	54.6	54.6	52.1
4	66.5	65.2	65.2	62.7
5	74.6	74.3	74.3	72.2
6	81.9	82.3	82.3	80.6
7	88.2	89.2	89.2	87.9
8	94.0	95.2	95.2	94.1
9	99.5	100.5	100.4	99.5
10	104.3	105.0	105.0	104.1
11	108.5	108.9	108.9	108.0
12	112.6	112.3	112.3	111.3
13	116.4	115.3	115.3	114.1
14	118.5	117.9	117.8	116.5

1. Por consiguiente, las ecuaciones más representativas en ambos casos, para las hembras son:

$$L_t = 134,8 \text{ cm } (1 - e^{0.14131(t+0.67357)}) \quad (11)$$

$$L_t = 128,7 \text{ cm } (1 - e^{0.31683 \cdot 0.57(t+2.03588)})^{1/0.57} \quad (12)$$

Los valores de edad-longitud promedio observados y estimados se entregan en la Tabla 4.

Crecimiento en peso

En el ajuste de los parámetros de la ecuación de crecimiento en peso, el método no lineal para D=1 aparece como el de mayor precisión, con valores residuales menores tanto para machos como para las hembras. En el caso de D diferente de 1 se aplicó el programa ETAL 1, el cual entregó valores de W_{∞} menores que para el caso espe-

cial. Sin embargo, en general son bastante coincidentes con los valores promedios máximos observados.

En la Tabla 5 se entregan las estimaciones de los parámetros de crecimiento en peso para machos y hembras.

El método no lineal es el que presenta un mejor ajuste de los parámetros de crecimiento en peso cuando D=1, puesto que la suma de cuadrados es casi un 100% menor que el método de Allen y en un porcentaje algo menor para el programa ETAL 1. Para D=0,58 el único programa de ajuste disponible fue este último, de manera que las ecuaciones que mejor representan el caso "especial" y el "generalizado", para los machos son:

$$W_t = 12.463 \text{ g } (1 - e^{0.1185(t+1.54596)}) \quad (13)$$

$$W_t = 6.670 \text{ g } (1 - e^{(0.40819 \cdot 0.58 \cdot 3/3.14)(t+1.5032)})^{3.14/0.58} \quad (14)$$

Tabla 5

Valores estimados para los parámetros de crecimiento en peso mediante diferentes métodos de ajuste para el congrio dorado (*G. Blacodes*): a) machos y b) hembras.

a) machos

	Métodos de ajuste			
	Allen(1)	No lineal(1)	ETAL 1(1)	ETAL 1(2)
W _∞ (g)	7.687.1	12.463.0	8.109.6	6.670.0
K	0.17955	0.11585	0.17273	0.40819
t ₀	-0.53786	-1.54596	-0.55996	-1.5032
√W _∞	---	2.117.1	---	---
√K	0.01699	0.01612	---	---
W ₀	0.14918	0.38298	---	---
SC*	125.889	65.280	101.187	374.160
r ²	---	---	0.9971	0.9946

(1) D = 1; (2) D = 0.58; *Suma de cuadrados

b) hembras

	Métodos de ajuste			
	Allen(1)	No lineal(1)	ETAL 1(1)	ETAL 2(2)
W _∞ (g)	13.593.0	16.754.8	14.044.0	11.677.4
K	0.14132	0.11531	0.13826	0.32930
t ₀	0.67341	-1.30768	-0.68265	1.92152
√W _∞	446.5	774.4	---	---
√K	0.07620	0.00548	---	---
W ₀	0.11404	0.19326	---	---
SC*	214.230	45.205	156.798	155.174
r ²	---	---	0.9982	0.99500

(1) D = 1; (2) D = 0.57; *Suma de cuadrados

Los valores de edad-peso observado y estimado, para machos y hembras se entregan en la Tabla 6.

En el caso de $D=1$ la menor suma de cuadrados (residuales) la presenta el método de ajuste no lineal, no obstante que sL_{∞} es menor para el ajuste de Allen. En el caso de $D=0,57$ el mejor ajuste correspondió al ETAL 1.

Las ecuaciones que representan el crecimiento en peso de las hembras, en ambos casos son:

$$W_t = 16.754,8 \text{ g} (1 - e^{0,11531(t + 1,30768)}) \quad (15)$$

$$W_t = 11.677,4 \text{ g} (1 - e^{(0,3293 \cdot 0,57 \cdot 3/3,37)(t + 1,9215)})^{3,37/0,57} \quad (16)$$

En la Tabla 6 se incluyen los valores observados y estimados de edad-peso promedio para *G. blacodes*.

DISCUSION

No obstante las críticas que ha recibido el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy (Knight, 1968; Roff, 1980), la gran mayoría de los biólogos pesqueros prefiere utilizar este modelo porque satisface dos criterios importantes, como son el de ajustarse a la mayoría de los datos de crecimiento en peces y a que puede ser incorporado fácilmente en modelos de estimación de stock. Hay en algunos casos modelos matemáticos que entregan un mejor ajuste, pero que a diferencia del anterior sus parámetros carecen de interpretación biológica.

El uso indiscriminado del caso "especial" de la ecuación de crecimiento puede conducir a distorsiones en los valores parametrales, ya que $d=2/3$ y $m=1$ corresponde a peces pequeños de

Tabla 6

*Pesos promedios observados y estimados, según edad y de acuerdo a diferentes métodos, para (*G. blacodes*): a) machos y b) hembras.

a) machos

Edad (años)	P. observado (g)	P. estimado (Allen)(D=1)	P. estimado (No lineal)(D=1)	P. estimado (ETAL 1)(D=0.58)
1	74.1	88.4	171.6	71.2
2	361.9	327.0	409.2	255.1
3	775.3	718.1	754.8	589.9
4	1.261.9	1.224.3	1.195.7	1.060.4
5	1.776.0	1.799.9	1.719.4	1.623.8
6	2.315.9	2.403.8	2.287.5	2.230.2
7	2.852.1	3.003.9	2.898.5	2.836.2
8	3.431.6	3.577.7	3.528.9	3.410.4
9	4.153.7	4.111.1	4.163.8	3.933.4
10	4.851.9	4.596.4	4.791.2	4.395.8

b) hembras

Edad (años)	P. observado (g)	P. estimado (Allen)(D=1)	P. estimado (No lineal)(D=1)	P. estimado (ETAL 1)(D=0.58)
1	53.8	71.3	124.8	70.0
2	307.8	276.0	349.3	270.4
3	717.3	646.0	710.5	633.6
4	1.257.3	1.173.2	1.203.5	1.153.4
5	1.852.9	1.829.0	1.811.6	1.803.2
6	2.536.7	2.577.8	2.511.8	2.548.9
7	3.256.4	3.383.6	3.279.4	3.355.4
8	4.035.9	4.214.3	4.090.8	4.191.2
9	4.888.4	5.043.8	4.924.4	5.029.8
10	5.729.6	5.851.7	5.762.1	5.850.8
11	6.544.9	6.623.5	6.588.7	6.638.8
12	7.416.3	7.349.4	7.392.7	7.383.5
13	8.294.0	8.023.5	8.165.1	8.078.2
14	8.809.2	8.643.0	8.899.7	8.719.6

peso inferior a 1,0 g, donde el valor de superficie es $D=1$. En peces de mayor talla el "d" se incrementa, disminuyendo recíprocamente el D, observándose por ejemplo en peces grandes (tiburones y atunes) valores de $d=0,9$ y $D=0,3$ (Gaschutz, 1980 y Pauly, 1981, 1984).

Pauly (1984) señala que el empleo de $D=1$ en peces que alcanzan grandes tallas, tiene el efecto de generar valores de longitudes asintóticas mayores que las conocidas para el stock en estudio y recomienda usar el valor apropiado de D para peces de tallas superiores a 50 cm. Por otra parte, Pauly (1979) indica que el uso de valores de D distintos para cada stock, tiene la ventaja de hacer más fácil la interpretación biológica de los parámetros (L_{∞} , k y t_0).

En el caso del crecimiento en longitud de *G. blacodes*, el uso de un valor de D distinto de 1 no produce cambios sustanciales en el valor de L_{∞} , aún cuando el coeficiente de crecimiento se incrementa a un valor $K''=KD$ (Taylor, 1962), que corresponde a 0,23675 en machos y 0,18771 en hembras. Además, esto implica un aumento en la estimación de la tasa de crecimiento en relación con la obtenida en el caso "especial" (0,179 en machos y 0,141 en hembras).

Considerando que la curva de crecimiento obtenida representa valores promedio a diferentes edades, la longitud asintótica corresponde a un valor promedio máximo y desde este punto de vista el L_{∞} estimado para la ecuación "generalizada" es del orden de magnitud de las longitudes máximas promedios observadas.

Por las razones expuestas, las ecuaciones que mejor representan el crecimiento en longitud del congrio dorado son la (10) en machos y la (12) en hembras.

Donde se producen diferencias notorias es en el crecimiento en peso y en particular en los machos. El ajuste no lineal para $D=1$ entrega un valor de $W_{\infty}=12.463$ g y un $K=0,11585$ bastante diferente a los estimados con los otros métodos. No obstante que los residuales son bastante menores, son poco confiables, ya que la estimación de la edad límite (95%), expresada por la ecuación $A(0,95) = (2,996/K) - t_0$ (Taylor, 1960), resulta ser de 27 años en machos. En las hembras, con un W_{∞} mayor (16.754 g) y con un K similar (0,11531), la edad límite resulta ser también de 27 años. En ambos casos, esta situación no corresponde con la edad máxima determinada en el stock.

Los valores de W_{∞} estimados para machos y hembras usando la expresión "generalizada" de Von Bertalanffy corresponden en gran medida con los pesos promedios máximos observados en una muestra de 30 machos (7.700 g), para un intervalo de talla entre 106 a 121 cm y en igual número de hembras (11.400 g) en un intervalo de 121 a 140 cm. Por otra parte, con los valores de K correspondientes, la edad límite calculada es de 15 años para machos y de 20 años para hembras, lo cual es muy cercano a lo observado en el stock.

La diferencia encontrada en los estimados de K para la longitud y peso, en ambos sexos, podría deberse al nivel de ajuste de la metodología empleada, considerando que Gaschutz (1980) señala que los valores de K y t_0 calculados de los correspondientes datos de edad-longitud serían los mismos, siempre que se use el valor apropiado de la relación longitud-peso. Sin embargo, esta afirmación se contrapone a lo aseverado por Ricker (1975).

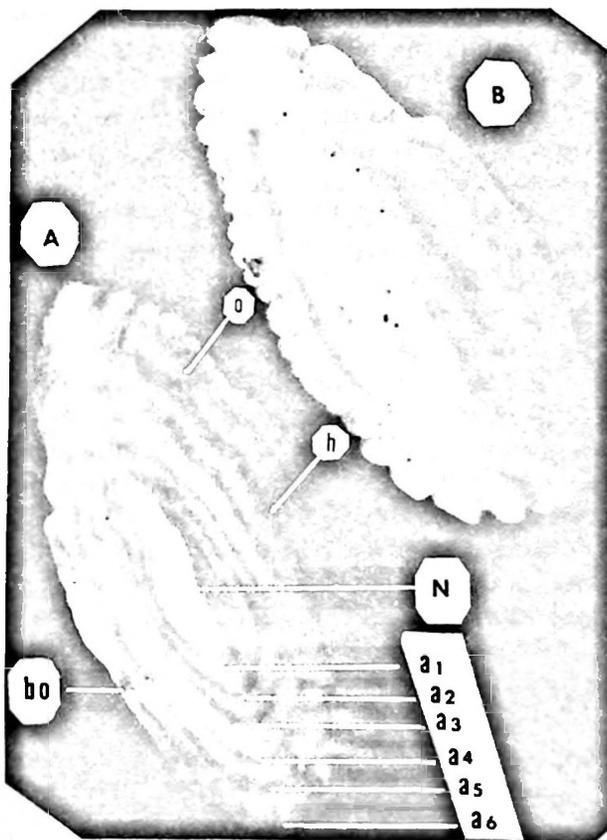


Figura 5. Fotografía de otolitos de *Genypterus blacodes*: A, pulidos, y B, sin pulir. En el otolito pulido se observa el núcleo (N), los anillos hialinos (h) y opacos (o), la naturaleza del borde (bo) y los anillos de crecimiento anual (a_1, a_2, \dots, a_6) en un ejemplar de +6 años.

El análisis de los resultados muestran que el crecimiento en peso está mejor representado por los parámetros estimados con el programa ETAL 1, que corresponden a las ecuaciones (14) para machos y (16) para hembras.

Genypterus blacodes, entre otros peces demersales, presenta un crecimiento diferencial entre los sexos, las hembras tienen una talla mayor que los machos a partir de la edad V. Situación semejante ha sido registrada para *Genypterus capensis* (Smith) de Sudáfrica (Payne, 1977) y en *Merluccius gayi* (Guichenot) de la costa de Chile, especie demersal que vive a menor profundidad (Aguayo, 1971). También se observa que las hembras son más longevas, hecho que también ha sido informado por Payne (op. cit.) para *G. capensis*, por lo que la longitud asintótica determinada para las hembras es superior a la de los machos.

El análisis del borde de los otolitos indicó la formación de un anillo hialino y uno opaco anual, con la formación del primero en invierno, lo cual concuerda con lo establecido para especies que habitan en latitudes medias y altas (Fig. 5). Sin embargo, el anillo opaco que se forma en verano, predomina también durante otoño y primavera, lo que se asemeja a lo registrado en el *G. capensis* de Sudáfrica (Payne, 1977).

Payne (op. cit.), sobre la base de la relación longitud pez-dimensión del otolito, forma del otolito y número de vértebras indica la existencia de por lo menos dos stock de *G. capensis* en Sudáfrica. Chong (1984) en un estudio morfométrico de *G. blacodes* sugiere la presencia de grupos subespecíficos en el Océano Pacífico y O. Atlántico y la presencia de grupos poblacionales a lo largo de la costa pacífica. Con respecto a lo anterior, sería interesante examinar los otolitos de muestras de *G. blacodes* distribuidas latitudinalmente, analizar sus variaciones y relaciones morfológicas, así como con el cuerpo del pez.

LITERATURA CITADA

- AGUAYO, M. 1971. Determinación de la edad en la merluza (*Merluccius gayi*) (Guichenot, 1848), mediante la lectura de otolitos. Bol. Cient. Inst. Fom. Pesq. Santiago, Chile, 16: 1-49.
- AGUAYO, M., Z. YOUNG, R. BUSTOS, V. OJEDA, T. PEÑAILILLO, C. VERA & H. ROBOTNAM. 1985. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur-austral. Estado de situación del recurso. Santiago, Chile, IFOP. 172 p. (AP 85-44).
- AGUAYO M., Z. YOUNG, R. BUSTOS, V. OJEDA, T. PEÑAILILLO, R. GILI, C. VERA & H. ROBOTNAM, 1986. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur-austral. I. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción, Inst. Fom. Pesq., Chile. 143 p.
- AGUAYO M., Z. YOUNG, R. BUSTOS, T. PEÑAILILLO, V. OJEDA, C. VERA, H. HIDALGO & I. CÉSPEDES, 1987. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales (peces) zona sur-austral. Estado de situación del recurso. Corporación de Fomento de la Producción, Inst. Fom. Pesq., Chile. 209 p.
- AGUAYO M., & A. ZULETA, 1988. Captura total permisible del recurso congrio dorado. Doc. Interno. IFOP-SUBPES. 25 p.
- ALLEN, K.P., 1966. A method of fitting growth curves of the Von Bertalanffy type to observed data. J. Fish. Res. Board Can., 23 (3): 163-179.
- ANONIMO, 1987. Anuario estadístico de pesca 1986. Servicio Nacional de Pesca, Chile, 136 p.
- BEVERTON R. J. & S. J. HOLT, 1957. On the dynamic of exploited fish populations. Min. Agri. Fish Food, Fish Invest. Lond., Serv. II, 19: 533 p.
- CHONG J. 1984. Contribución a la taxonomía de *Genypterus blacodes* (Schneider, 1801). (Osteichthyes, Ohidiformes). Cien. y Tec. del Mar, CONA 8: 27-39.
- COHEN D. & J. NIELSEN, 1978. Guide to the identification of genera of the fish order. Ophidiiformes with a tentative classification of the order. NOAA Technical Report NMFS, Circular 417, 73 p.
- DANNEVIG A., 1933. On the age growth of the cod (*Gadus callarias*) from the Norwegian Skagerrack coast. Rep. Norw. Fish. and Mar. Inv., 4(1): 145 p.
- GASCHUTZ G., D. PAULY & N. DAVID. 1980. A versatile Basic program for fitting weight and seasonally oscillating length growth date. I.C.E.S. CM. 1980/D: 6 statics ctee 23 p. (mimeo).
- HARTLEY H.O., 1961. The Modified Gauss-Newton method for the fitting of nonlinear regression function by least squares. Technometrics, 3 (2): 269-280.
- KNIGHT W., 1968. Asymptotic growth: an example of nonsense disguised as mathematics. J. Fish. Res. Board Can., 26: 1.303-1.307.
- NORMAN J.R., 1937. Coast Fishes. Part. II. The Patagonian region in: Discovery Report, 16: 1-150.
- NORMAN J.R., 1966. A draft synopsis of the orders, families and genera of recent fishes and fish-like vertebrates. Trustees of the British Museum (Nat. Hist.), 649 p., London.
- PAULY D., 1979. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of Von Bertalanffy's growth formula. Bar. Inst. f.Meereskunde (Kiel University). 63: 156 p.
- PAULY D., 1981. The relationship between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of Von Bertalanffy's theory of growth. Meers. forsch, 28(4): 251-282.
- PAULY D., 1984. Fish populations dynamics in tropical water. A manual for use with programmable calculator. ICLARM, Manila, Phillipines. 325 p.
- PAYNE A.I., 1977. Stock differentiation and growth of

- southern african kingklip *Genypterus capensis*. Sea Fisheries Branch Investigational Report, 3: 31 p. Republic of South Africa. Department of Industries.
- REGAN C.T., 1903. Description of a new fish of the genus *Genypterus* with notes on the allied species. An. Mag. Nat. Hist. 7(11): 599-600.
- RICKER W.E., 1973. Linear regression fishery research. J. Fish. Res. Board Can., 30: 409-443.
- RICKER W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 191: 382 p.
- ROFF D.A., 1980. A motion for the retirement of the Von Bertalanffy function. Cons. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 127-129.
- TAYLOR C.C., 1960. Temperature, growth and mortality the Pacific cockle. J. Con. Int. Explor. Mer., 26: 117-124.

