

BIOLOGÍA DEL JUREL (*TRACHURUS MURPHYI*) EN EL PERÚ

Validación del ritmo de formación de los anillos de crecimiento en otolitos del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920

Validation of the formation rate of growth rings in otoliths of Jack mackerel *Trachurus murphyi* Nichols 1920

Carlos Goicochea, Jorge Mostacero, Patricia Moquillaza, Teobaldo Dioses, Yeny Topiño y
Renato Guevara-Carrasco

Instituto del Mar del Perú, esquina Gamarra y General Valle
S/N Chucuito, Callao, Perú.

Email Carlos Goicochea: cgoicochea@imarpe.gob.pe

Resumen

Se presentan resultados de la validación del crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* por tres técnicas: 1) validación del primer anillo anual mediante lectura de microincrementos diarios; 2) análisis del crecimiento del radio del otolito entre el segundo y tercer anillo, siguiendo una cohorte; y, 3) lectura convencional de anillos anuales. Los resultados demostraron que la edad promedio de jureles *T. murphyi* con el primer anillo completamente formado fue de 364.8 días, con una talla media de 19.5 cm, y que el incremento promedio del segundo al tercer anillo fue de 0.62 mm. Se estimaron los parámetros de crecimiento $L_{\infty} = 75.17$ cm, $k = 0.165/\text{año}$, $t_0 = -0.817$ año y se discuten estos resultados destacándose que estos parámetros indican que el jurel *T. murphyi* peruano crece más rápido que el jurel *T. murphyi* chileno. Las mediciones del radio del primer anillo anual alcanzaron valores hasta 18% más altos que los reportados por otros autores para el jurel chileno, y las medidas del radio de otolitos de individuos de dos y tres años fueron hasta 20% más altas. La longitud promedio de ejemplares de jurel peruano de un año de edad es aproximadamente 35% mayor que la del jurel chileno obtenida por otros autores. El índice de crecimiento phi prima (ϕ') de jurel peruano obtenido en este estudio y en otros, evidencia patrones de crecimiento similares, por el bajo valor del coeficiente de variación (1%), y que es menor al 7% obtenido por otros autores para el jurel *T. murphyi* de más al sur.

Palabras claves: Crecimiento, anillos diarios, radio, *Trachurus murphyi*.

Abstract

We present the results of the validation of Jack mackerel *Trachurus murphyi* growth with three techniques: 1) validation of the first annual ring by reading daily microincrements; 2) analysis of the growth of the otolith radius between the second and third ring, following-up one cohort; and, 3) conventional interpretation of annual rings. The results show that the average age of Jack mackerels *T. murphyi* with the first fully formed ring was 364.8 days, with a mean total length of 19.5 cm, and that the increment from the second to the third ring is on average 0.62 mm. The estimated growth parameters were $L_{\infty} = 75.17$ cm, $k = 0.165/\text{year}$, $t_0 = -0.817$ year. These results are discussed, highlighting that the Peruvian Jack mackerel *T. murphyi* appears to grow faster than Chilean Jack mackerel *T. murphyi*. The radius of the first annual ring is up to 18% larger than reported by other authors for the Chilean Jack mackerel, while the radius of the otoliths of two and three year-olds was up to 20% higher. Also the average length of a one year old Peruvian Jack mackerel is approximately 35% larger than that of the Chilean Jack mackerel, obtained by other authors. The growth index phi prime (ϕ') estimated for the Peruvian Jack mackerel in this study and others show similar growth patterns, given the low value of the coefficient of variation (1%), lower than the (7%) reported by others authors for the more southern Jack mackerel *T. murphyi*.

Keywords: Growth, daily rings, radio, *Trachurus murphyi*.

Citación:

Goicochea C., J. Mostacero, P. Moquillaza, T. Dioses, Y. Topiño & R. Guevara-Carrasco. 2013. Validación del ritmo de formación de los anillos de crecimiento en otolitos del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.), *Ecología, pesquería y conservación del jurel (Trachurus murphyi) en el Perú*. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 053- 060 (Septiembre 2013)

Introducción

Kaiser (1973) fue uno de los primeros investigadores que realizaron estudios sobre edad y crecimiento de jurel *T. murphyi* utilizando otolitos (sagitta), en especímenes capturados en aguas frente a la costa de Chile. Posteriormente, se sumaron otros investigadores que estudiaron este tema (Pavez & Collantes 1978, Abramov & Kotlyar 1980, Aguayo et al. 1981, Nekrasov 1994, Kochkin 1994, Cubillos & Arancibia 1995, Gili et al. 1995), con resultados muy variables. Asimismo, Dioses (1995, 2013) realizó investigaciones sobre edad y crecimiento del jurel *T. murphyi* y su trabajo se constitu-

Publicado online: 11/10/2013
Publicado impreso: 15/10/2013

yó en el primer estudio del crecimiento del jurel con muestras provenientes de capturas realizadas en el mar jurisdiccional del Perú. Por otro lado, otros investigadores utilizaron el método de frecuencias de tallas para la determinación de grupos de edad y crecimiento como Cubillos y Grechina (1998) para el jurel *T. murphyi* chileno, y Díaz (2013) para el jurel *T. murphyi* peruano.

La investigación de Panella (1971 y 1974) y posteriores trabajos como el de Campana y Neilson (1985), ayudaron a entender que el incremento diario de las microestructuras en los otolitos de peces está regulado por un ritmo endógeno circadiano. Este ritmo circadiano de depósito de carbonato de calcio está bajo un control endocrino (Simkiss 1974), y con este concepto, Araya et al. (2003) validaron la formación de los anillos diarios en otolitos de jureles *T. murphyi* en cautiverio, capturados frente a Chile, confirmando preliminarmente este comportamiento.

Con estos antecedentes, y en la necesidad de validar el ritmo del crecimiento del jurel *T. murphyi* peruano, en el presente trabajo estudiamos el periodo de formación del primer anillo de crecimiento en los otolitos, mediante la identificación y análisis de microincrementos diarios, así como la tasa de crecimiento mensual, a través del monitoreo de sus dimensiones durante un año consecutivo.

Material y métodos

La lectura de otolitos para la determinación de la edad y estimación del crecimiento del jurel *T. murphyi* consistió en tres pasos: (1) validación del primer anillo anual, (2) análisis del crecimiento del radio del otolito entre el segundo y tercer anillo, siguiendo una cohorte y (3) conteo convencional del número de anillos anuales.

1) Validación del primer anillo anual

Para la validación del primer anillo anual, se hizo un análisis de microincrementos, asumiendo la validación concebida por Araya et al. (2003), quienes comprobaron la formación diaria de los microincrementos en el jurel chileno. Para ello, se utilizaron los otolitos de 31 individuos juveniles, de los cuales 9 tenían formado el primer anillo de crecimiento, mientras que los 22 otolitos restantes fueron de tallas menores sin formación del primer anillo. Las muestras provinieron de capturas realizadas durante el verano del 2011 en la región sur dentro del mar jurisdiccional peruano.

Se asumió que en el primer anillo anual, desde el centro al borde final del primer anillo hialino completamente formado (identificado en la microestructura como una zona translúcida antes del borde del otolito), existen alrededor de 365 microincrementos o anillos diarios (Victor & Brothers 1982). La preparación de los otolitos se realizó siguiendo la metodología utilizada por Buratti (2003). La fijación de los otolitos a la lámina porta-objeto fue realizada utilizando cristal bond, en el pulido final, se utilizó alúmina de 0.3 μm ; esta última técnica se realizó sólo para los otolitos que todavía no tenían el primer anillo formado. Debido al cambio del plano del otolito, para este tamaño y para evitar la eliminación de los anillos diarios de los bordes, se aplicó la técnica de corte transversal (Morales-Nin 1991). La observación y conteo de los anillos de crecimiento se realizaron por tres especialistas en edad y crecimiento, utilizando un microscopio compuesto a 400X de aumento.

Obtenidos los promedios de las edades en días y las longitudes de los individuos y los otolitos en milímetros, se procedió a ajustar el modelo de crecimiento de Laird-Gompertz (Gamito, 1998, Santos & Renzi 1999):

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

Donde:

L_t = la longitud total del pez en el tiempo t ,

L_∞ = Longitud asintótica,

k = la velocidad diaria a la cual L_t se acerca a su asíntota, y

t_0 = es la edad teórica en la cual el pez tendría una longitud igual a zero.

Se hizo la conversión de la longitud total a longitud de la horquilla (L_h) (Serra 1976) con la ecuación siguiente:

$$L_h = 0,3873 + 0,8893 (L_t),$$

para los individuos de un año de edad, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en este estudio con los resultados de investigaciones de crecimiento del jurel *T. murphyi* que se distribuye frente a Chile.

2) Análisis del crecimiento del radio del otolito entre el segundo y tercer anillo, siguiendo una cohorte

Las muestras de otolitos de jurel *T. murphyi* peruano se obtuvieron de los muestreos biológicos realizados por los laboratorios costeros del IMARPE de las regiones centro y sur, entre enero y octubre del 2011 y enero del 2012; y se constituyeron en 11 muestras y 448 otolitos de jurel adulto, entre hembras y machos. Durante este periodo de tiempo, las capturas estuvieron constituidas por individuos que formaron parte de un mismo grupo de edad (o cohorte) que pudo ser seguido a través del tiempo, con tallas modales de 28 hasta 36 cm L_t . Se decidió utilizar esta información para comprobar el incremento en el radio de los otolitos de un año a otro, a través de su monitoreo mensual, y de ese modo validar el criterio de que la formación de los anillos de crecimiento es anual.

Los otolitos fueron remojados y limpiados previamente, luego fueron introducidos dentro de una placa Petri con fondo negro y alcohol (medio aclarante). Posteriormente, utilizando un estereoscopio de discusión a 1X de aumento y una regla micrométrica, se midieron el radio total (del núcleo al borde de la zona posrostral) y los anillos de crecimiento, según el criterio tomado por Dioses (2013). Finalmente, las medidas fueron convertidas a milímetros. Las observaciones fueron realizadas por tres especialistas en edad y crecimiento.

Por tratarse solamente de una cohorte, la muestra del primer mes fue tomada como inicio de la cronología para el año en estudio. Para precisar el origen y el fin del crecimiento del otolito durante el año, se establecieron promedios de tamaños de los anillos de crecimiento de los otolitos de la misma muestra.

3) Lectura convencional de anillos anuales

Una vez validados el primer anillo anual mediante la lectura de microincrementos y el segundo y tercer anillo mediante la medición de los radios de los otolitos según indicado líneas arriba, se procedió a contar los anillos de crecimiento en otolitos de jurel hembras y machos, de una muestra de 1179 otolitos

Tabla 1. Medidas del radio total y primer anillo de crecimiento de los otolitos de jurel *T. murphyi* y lectura de sus edades en días por tres lectores. **Tabla 1.** Measurements of the total radio and first growth ring of Jack mackerel *T. murphyi* otoliths and their ages (in days) estimated by three readers.

Lt (mm)	RO (mm)	días	R1 (mm)	Días R1	Edad en días			CV%
					Lector 1	Lector 2	Lector 3	
190	2.36	415	2.26	374	380	369	374	1.47
190	2.58	369	2.54	356	340	360	369	4.17
200	2.47	396	2.40	366	376	362	360	2.38
200	2.50	375	2.46	358	363	360	352	1.59
200	2.52	437	2.36	372	376	363	377	2.10
200	2.52	391	2.45	365	369	355	370	2.30
210	2.63	380	2.60	367	361	372	369	1.55
210	2.85	390	2.78	361	355	369	358	2.04
210	2.63	405	2.53	364	353	372	368	2.75
Promedio			2.49	364.8	363.7	364.7	366.3	2.26
DE			0.151	5.932	13.019	6.041	8.047	

Lt= Longitud total, RO= Radio del otolito, R1= radio al primer anillo

colectados en los laboratorios costeros durante el año 1995 frente a las costas peruanas, con rango de tallas de 6 a 60 cm L_t .

Para las estimaciones de la edad se usó la metodología usada por Dioses (1985, 2013). De las edades estimadas se elaboró una clave talla-edad y a la vez se obtuvieron los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy mediante un ajuste con la rutina SOLVER de MS Excel. Haciendo:

$$L_t = L_{\infty} * (1 - e^{(-k*(t-t_0))}) \quad (2)$$

L_t = la longitud total del pez en el tiempo t ,

L_{∞} = Longitud asintótica,

k = es la tasa de crecimiento anual; y,

t_0 = es la edad hipotética a la longitud 0.

Para fines comparativos con otros autores que estudiaron la edad y crecimiento del jurel peruano, se utilizó el índice de crecimiento phi prima (ϕ') (Pauly & Munro, 1984), donde:

$$\phi' = \log k + 2 * \log L_{\infty} \quad (3)$$

Resultados y discusión

Validación del primer anillo anual

Los radios de los otolitos que tenían el primer anillo formado oscilaron entre 2.36 y 2.85 mm y los días contabilizados fueron de 369 a 437. Asimismo, el radio para el primer anillo anual estuvo entre los 2.26 a 2.78 mm, con un promedio de 2.49 mm y 364.8 días respectivamente (Tabla 1).

Por otro lado, como resultado del ajuste de los datos observados de los jureles juveniles a la ecuación de Laird-Gompertz, las edades de los individuos fluctuaron entre 65 a 437 días, mientras que la longitud total varió entre 35 y 210 mm (Tabla 2).

El ajuste del modelo de Laird-Gompertz a los datos observados (relación entre la longitud y la edad) fue significativo ($p < 0.001$). De acuerdo a este ajuste, un individuo de 1 año de edad tendría una longitud total de 195.3 mm (Fig. 1).

Esta longitud total convertida a longitud a la horquilla resultó en 17.7 cm, valor mayor en 35% al del jurel *T. murphyi* chileno reportado por Nekrasov (1982), Araya et al. (1993) y Shcherbich (1991). Asimismo, las estimaciones de longitud para un año de

edad del jurel *T. murphyi* peruano que más se aproximan a nuestros resultados fueron reportados por Abramov y Kotlyar (1980) con 19.1 cm L_b y Nekrasov (1987) con 18.2 cm L_b (Tabla 3).

Tabla 2. Longitud total (mm) y número de incrementos diarios leídos en 31 individuos de jurel *T. murphyi* capturado en aguas peruanas durante el verano del 2011.

Tabla 2. Total length (mm) and number of daily increments in 31 individuals of Jack mackerel *T. murphyi* caught in Peruvian waters during the summer of 2011.

Nº ind	Long. (mm)	Edad (días)	Edad en días			CV %
			Lec-1	Lec-2	Lec-3	
1	35	65	67	65	64	2.338
2	38	59	58	59	59	0.984
3	57	96	98	94	95	2.176
4	58	99	100	95	101	3.258
5	67	123	120	127	122	2.931
6	71	115	113	118	115	2.182
7	96	139	135	139	142	2.533
8	84	139	137	144	137	2.901
9	89	144	142	150	140	3.675
10	81	145	152	142	141	4.195
11	79	111	107	111	115	3.604
12	78	141	135	145	142	3.648
13	98	156	162	150	156	3.846
14	162	303	315	299	295	3.493
15	155	240	233	242	244	2.445
16	190	369	355	377	375	3.297
17	160	225	220	232	222	2.862
18	156	224	218	231	223	2.927
19	159	274	263	281	278	3.520
20	161	270	280	272	259	3.921
21	163	278	287	282	265	4.148
22	160	245	255	235	246	4.083
23	200	335	322	346	337	3.619
24	190	415	430	410	404	3.283
25	200	396	404	382	401	3.015
26	200	375	387	372	365	3.000
27	200	437	422	441	448	3.079
28	200	391	404	389	380	3.101
29	210	380	381	384	375	1.206
30	210	390	370	397	402	4.418
31	210	405	390	418	408	3.501

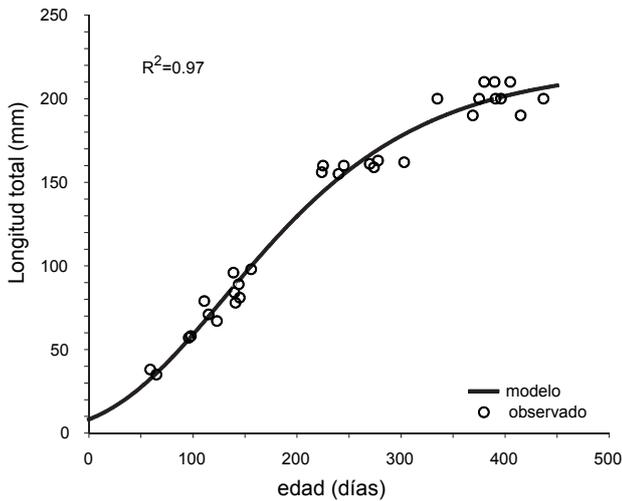


Figura 1. Curva de crecimiento de jurel juvenil peruano *T. murphy*, estimada mediante el modelo de Laird-Gompertz.

Figure 1. Laird-Gompertz growth curve for juveniles of Peruvian Jack mackerel *T. murphy*.

Análisis del crecimiento del radio del otolito entre el segundo y tercer anillo

El principio por el que se rige la asignación de la edad a partir de la lectura de otolitos se basa en la acertada identificación de los anillos de crecimiento y en la adecuada discriminación de los falsos anillos, para lo cual se establece un patrón definido. Así tenemos que, por ejemplo, el radio del primer anillo anual suele medir en promedio 2.48 mm, el segundo anillo mide en promedio 3.36 mm, mientras que el radio del tercer anillo mide en promedio 3.97 mm. En este estudio, el radio del primer anillo anual encontrado es mayor en un 18% y esta diferencia se incrementa al analizar las medidas del radio de otolitos de individuos de dos y tres años, pudiendo llegar a ser 20% mayores a los reportados para el jurel *T. murphy* chileno por Aguayo et al. (1981), Gili et al. (1995) y Alegría et al. (1995). Kochkin (1994) realizó estudios de edad en jurel peruano y reportó el valor más cercano con 2.32 mm (Tabla 4).

En la Tabla 4 podemos apreciar la diferencia que existe en las medidas de los anillos de crecimiento de los otolitos dadas a conocer por varios autores. Sólo en el caso de Kochkin (1994) existe una aproximación con la medida del primer anillo obtenida en este estudio.

Una manera de corroborar la asignación de la edad a partir de los anillos claramente definidos, es mediante el monitoreo mensual del incremento del radio total de los otolitos durante al menos un año a partir de la presencia de una cohorte o clase

Tabla 4. Medidas de anillos de crecimiento de otolitos de jurel *T. murphy* (µm) por diferentes autores en Perú y Chile y el presente estudio.

		Edad (años)		
		1	2	3
Aguayo et al. (1981)	(Chile)	2125	2781	3218
Gili et al. (1995)	(Chile)	1950	2540	3060
Alegría et al. (1995)	(Norte-Chile)	1978	2625	3118
Kochkin (1994)	(Perú)	2325	2910	3400
Shcherbich (1991)	(Chile)	2070	2800	3265
Este estudio	(Perú)	2485	3360	3970

Tabla 3. Longitudes medias a la horquilla (cm) de jurel *T. murphy* con 1 año de edad obtenida por varios autores en Perú y Chile y el presente estudio.

Tabla 3. Average fork lengths (cm) of 1 year old Jack mackerel *T. murphy*, obtained by several authors in Peru and Chile, and the present study.

Autores	Países	Lh
Abramov & Kotlyar (1980)	(Perú)	19.1
Nekrasov (1982)	(Chile)	17.4
Nekrasov (1987)	(Perú)	18.2
Nosov et al. (1989)	(Perú)	14.1
Kochkin (1994)	(Perú)	13.4
Shcherbich (1991)	(Chile)	8.2
Araya et al. (1993)	(Chile)	8.6
Presente estudio	(Perú)	17.7

anual claramente identificable en la pesquería durante ese periodo (Fig. 2).

Es decir, se debería estar en la capacidad de verificar si efectivamente el radio de los anillos crece en promedio desde 2.48 hasta 3.36 mm, al pasar del primer al segundo año, y desde 3.36 hasta 3.97 mm, al pasar del segundo al tercer año.

Al respecto, en la lectura de las muestras de enero 2011, los otolitos contaron en su mayoría con dos anillos y tuvieron en promedio 3.32 mm de radio total, mientras que, en las muestras de enero 2012, algunos de los otolitos comenzaron a evidenciar un tercer anillo y midieron en promedio 3.94 mm. En doce meses, los otolitos crecieron en promedio 0.62 mm (Fig. 3).

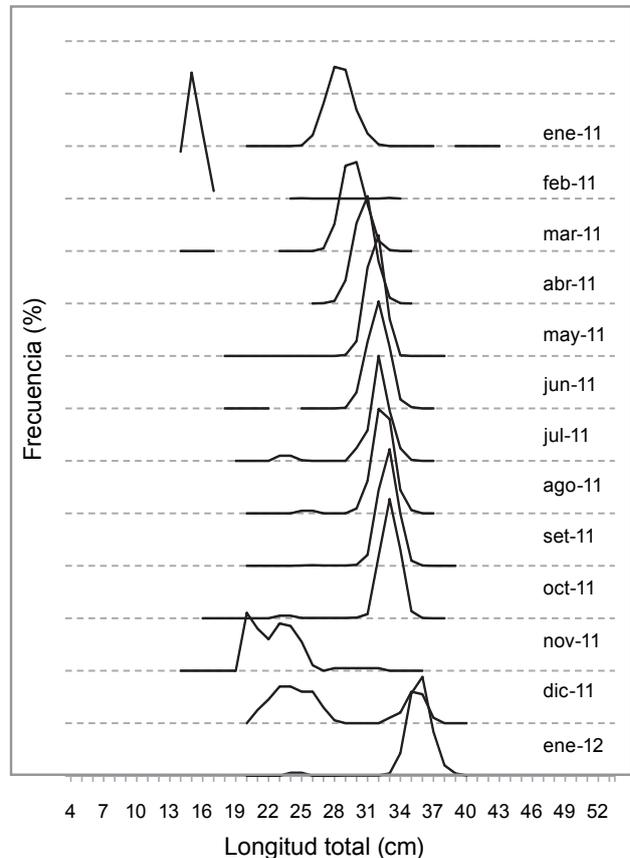


Figura 2. Frecuencias por talla mensual del jurel *T. murphy* desde enero 2011 hasta enero 2012.

Figure 2. Monthly size frequencies of Jack mackerel *T. murphy* from January 2011 to January 2012.

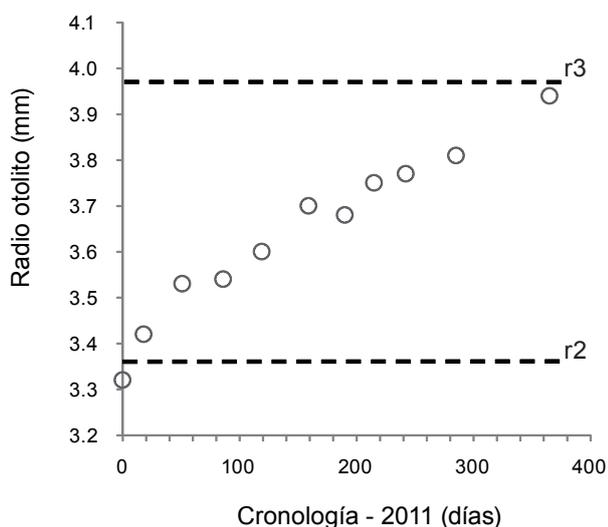


Figura 3. Radio medio de los otolitos de jurel *T. murphy* medidos desde enero 2011 hasta enero 2012 y radio medio del segundo (r2) y tercer (r3) anillo de crecimiento.

Figure 3. Average radius of Jack mackerel *T. murphy* otoliths measured from January 2011 to January 2012 and average radius of the second (r2) and third (r3) growth ring.

Estos resultados corroboran la asignación de edades a partir de la lectura de anillos, pues se ha demostrado que los otolitos, de los individuos pertenecientes a un mismo grupo de edad, crecieron desde un radio previamente asignado para individuos de dos años hasta un radio previamente asignado para individuos de tres años, durante un lapso de doce meses.

La información completa sobre la longitud de los individuos, el número de anillos y el radio de los otolitos se presentan en la Tabla 5.

Lectura convencional de anillos anuales

El rango de tallas observadas fluctuó entre 6 y 60 cm de longitud total. El máximo número de anillos observados fue de siete. Por cada grupo de edad, la longitud media fluctuó entre 9.5 y 53.7 cm. La separación de los grupos de edad fue clara, a excepción de los dos últimos (Tabla 6).

Dioses (1995, 2013) utilizó una muestra de 977 otolitos de jurel colectados en los principales puertos de desembarque durante los años 1977 – 1979. Se trató de la muestra con el rango de tallas más amplio con el que se haya contado (3 a 71 cm de longitud total) y el máximo número de anillos observados fueron once. Este autor encontró más anillos de crecimiento que los encontrados en el presente estudio debido a que las muestras analizadas contenían individuos de mayor tamaño (hasta 71 cm de longitud total, contra 60 cm en el presente estudio).

El ajuste del modelo de crecimiento de von Bertalanffy a los datos observados (Tabla 6) fue significativo ($p < 0.001$). Los parámetros de crecimiento resultantes de dicho ajuste fueron $L_{\infty} = 75.17$ cm, $k = 0.165$ anual; y, $t_0 = -0.817$ años.

En la Figura 4 se presenta la curva de crecimiento resultante, junto a las curvas de crecimiento según los parámetros de crecimiento estimados por otros autores mediante lectura de otolitos (Dioses 1995, 2013) y por análisis de frecuencias de tallas (Diaz 2013), y en la Tabla 7 se presentan los parámetros de crecimiento según estos autores.

Tabla 5. Crecimiento del radio del otolito (mm) de jurel *T. murphy* desde enero 2011 hasta enero 2012.

Tabla 5. Growth of otolith radius (mm) of Jack mackerel *T. murphy* from January 2011 to January 2012.

Fecha muestreo	Días transcurridos	Número ejemplares	Longitud media pez (cm)	Radio medio (mm)	Desviación estándar (mm)
19/01/2011	0	50	27.8	3.32	0.217
07/02/2011	18	62	28.9	3.42	0.207
14/03/2011	51	46	29.7	3.53	0.159
18/04/2011	86	42	31.1	3.54	0.157
11/05/2011	119	34	31.1	3.60	0.150
21/06/2011	159	34	32.2	3.70	0.143
22/07/2011	190	31	32.8	3.68	0.209
17/08/2011	215	44	32.7	3.75	0.193
14/09/2011	242	33	32.8	3.77	0.138
27/10/2011	285	35	32.8	3.81	0.182
17/01/2012	365	37	35.5	3.94	0.183

Como se puede observar, tanto los parámetros de crecimiento como las curvas de crecimiento resultantes de este estudio son muy semejantes a los estimados por Dioses (1995, 2013) y Díaz (2013). Del análisis comparativo de estos parámetros (Tabla 7) resulta un valor bajo, de 1% del coeficiente de variación (CV) del índice de crecimiento phi prima (ϕ'), lo que evidencia patrones de crecimiento similares del jurel *T. murphy* peruano. Se destaca además que este coeficiente de variación es menor que el 7% obtenido por Cubillos y Arancibia (1995) para el jurel *T. murphy* de Chile.

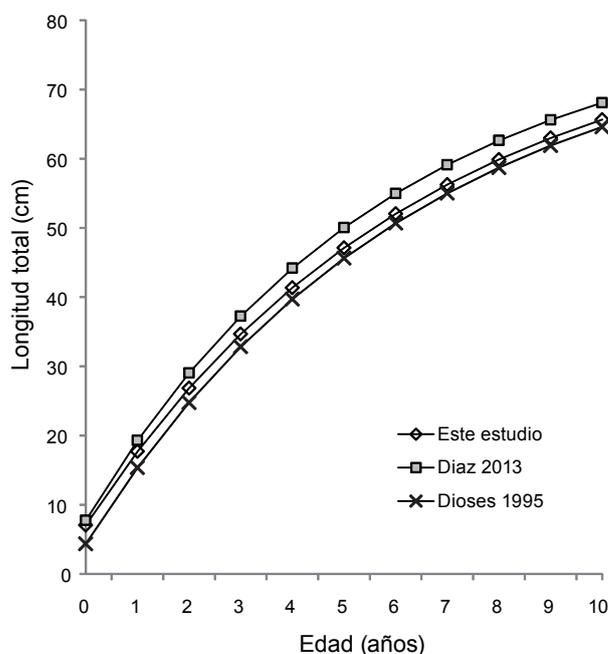


Figura 4. Curvas de crecimiento de jurel *T. murphy* peruano estimadas mediante el modelo de von Bertalanffy en este estudio y por otros autores.

Figure 4. Von Bertalanffy Growth Curves of Peruvian Jack mackerel *T. murphy*, estimated in this study and by other authors.

Tabla 6. Clave talla - edad de jurel *T. murphyi* peruano, año 1995**Tabla 6.** Age-length key for Peruvian Jack mackerel *T. murphyi*, year 1995

Lt (cm)	Edad (años)							Total	
	0	1	2	3	4	5	6		7
6	1								1
7	1								1
8	2								2
9	2								2
10	3								3
11	2	1							2
12	1	5							4
13	1	10							11
14		16							16
15		23							23
16		27							27
17		30							30
18		30							30
19		30							30
20		29	1						30
21		27	3						30
22		22	8						30
23		15	15						30
24		11	19						30
25		7	23						30
26		4	26						30
27		2	28						30
28		1	28	1					30
29			27	3					30
30			25	5					30
31			23	7					30
32			20	10					30
33			17	13					30
34			13	17					30
35			8	21	1				30
36			5	21	4				30
37			2	19	9				30
38				12	18				30
39				9	21				30
40				7	22	1			30
41				5	22	3			30
42				4	20	6			30
43				2	16	12			30
44				1	12	16	1		30
45					8	20	2		30
46					6	20	4		30
47					5	20	6		31
48					3	18	7	1	29
49					1	14	7	2	24
50					1	9	6	3	19
51						7	6	4	17
52						5	4	4	13
53						3	5	7	15
54						1	5	6	12
55							4	6	10
56							3	4	7
57							2	3	5
58							1	1	2
59								2	2
60								1	1
Total	13	290	291	157	169	155	63	44	1179
Lt media (cm)	9.5	18.7	28.4	35.6	41.2	46.6	50.6	53.7	

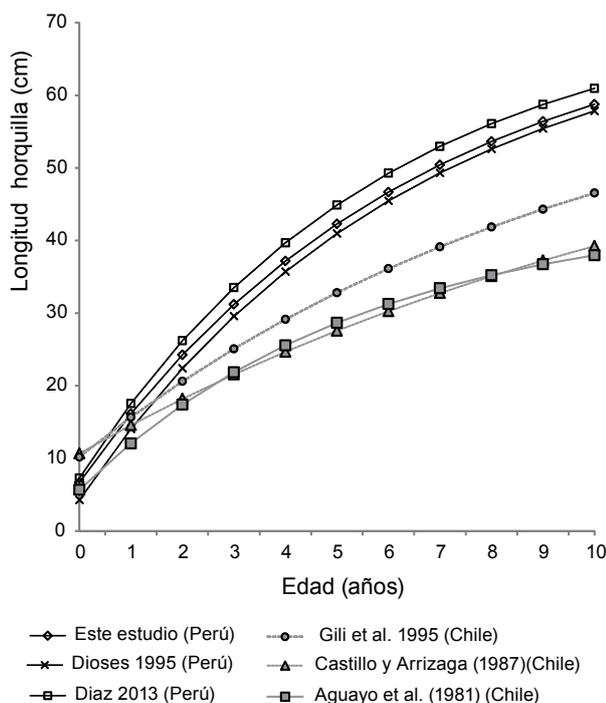
Tabla 7. Parámetros de crecimiento de jurel *T. murphyi* peruano obtenidos en este estudio y por otros autores.**Table 7.** Growth parameters of the Jack mackerel *T. murphyi* obtained in the present study and by other authors.

Parámetros	L_{∞}	k	t_0	\emptyset'	
Presente estudio	75.17	0.165	-0.817	2.968	Otolitos
Dioses (1995, 2013)	80.77	0.155	-0.356	3.006	Otolitos
Díaz (2013)	81.6	0.167		3.046	ELEFANI
Promedio				3.007	
DE				0.039	
CV				1.03	

Utilizando la ecuación de conversión de L_t a L_b de Serra (1976), se construyeron curvas de crecimiento para poder comparar los resultados obtenidos para el jurel *T. murphyi* peruano con los obtenidos por otros autores para el jurel *T. murphyi* chileno. Como se puede apreciar en la Figura 5, las tres curvas de crecimiento correspondientes al jurel peruano siguen una trayectoria casi paralela y con valores de talla a la edad muy semejantes entre sí (ya evidenciado por el bajo CV indicado líneas arriba), pero muy diferentes a las tres curvas de crecimiento correspondientes al jurel chileno que muestran tallas a la edad y velocidades de crecimiento considerablemente más bajas que las estimadas para el jurel peruano.

Conclusiones

El tiempo transcurrido para la formación del primer anillo anual según lo observado a partir del análisis de los anillos diarios en los otolitos del jurel peruano fue de 364.8 días, llegando a una longitud total de 19.5 cm como promedio. Esto estaría evidenciando un crecimiento mayor en un 35% del jurel *T.*

**Figura 5.** Curvas de crecimiento estimadas para el jurel *T. murphyi* peruano y para el jurel *T. murphyi* chileno por diversos autores.**Figure 5.** Growth curves estimated by various authors for the Peruvian Jack mackerel *T. murphyi* and for the Chilean Jack mackerel *T. murphyi*.

murphyi peruano con respecto al jurel *T. murphyi* chileno a la misma edad. Sin embargo, es necesario reforzar estos resultados con el análisis de muestras más amplias de jureles juveniles que además permitiría determinar posibles variaciones interanuales. Asimismo, se observa que el radio del primer anillo anual en los otolitos del jurel *T. murphyi* peruano es mayor en un 18%, diferencia que se hace amplia al analizar las medidas del radio de los otolitos de individuos de dos y tres años de edad, pudiendo llegar a ser 20% más grandes que los reportados por otros autores para el jurel *T. murphyi* chileno. En las lecturas de la muestra de otolitos de jurel *T. murphyi* del año 1995, se determinó un máximo de 7 años. La longitud asintótica resultó ligeramente más baja, debido a la ausencia de ejemplares más grandes en las muestras provenientes de la pesquería (las muestras provinieron de la pesquería industrial). Los parámetros de crecimiento finalmente considerados fueron:

$$L_t = 75.17 * (1 - e^{(-0.165 * (t + 0.817))})$$

Nuestros resultado muestran evidencias suficientes para afirmar que el jurel *T. murphyi* peruano crece más rápido que el jurel *T. murphyi* chileno.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a Jorge Zuzunaga, y a dos revisores anónimos, por sus comentarios a este trabajo.

Literatura citada

- Aguayo M., E. Estay & V. Ojeda. 1981. Determinación de la edad y crecimiento del jurel (*Trachurus murphyi*) en la zona de Arica-Coquimbo y Talcahuano. Informe Subsecretaría de Pesca. Instituto de Fomento Pesquero. 88 pp.
- Alegría, V., J. Oliva, H. Robotham, H. Miranda, G. Böhm, et al. 1995. Estudio biológico pesquero sobre el recurso jurel en la zona norte (Regiones I y II). Informes Técnicos FIP-IT/93-17: 221 pp.
- Abramov A. & A.N. Kotlyar. 1980. Some biological features of the Peruvian Jack mackerel, *Trachurus murphyi* Nichols, 1920. Investigaciones marinas 6(6): 89-100.
- Araya M., M. Medina & H. Arancibia. 1993 Edad y Crecimiento del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* de la zona centro y sur de Chile mediante el método de lectura de los microincrementos diarios de los otolitos y confección de claves talla/edad. Informe final. Departamento de Ciencias del Mar. Universidad Arturo Prat. Iquique Chile. 72 pp.
- Araya M., M. Medina & H. Arancibia. 2003. Preliminary results of the empirical validation of daily increments in otoliths of Jack mackerel *Trachurus symmetricus* (Aires, 1855) marked with oxytetracycline. Departamento Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique -Chile, pp. 471-475.
- Buratti C. 2003. Microestructura de los otolitos sagittae de larvas y juveniles de *Merluccius hubbsi* (Marini, 1933): Análisis comparativo entre sus áreas de distribución bonaerense y norpatagónica. Tesis (Licenciatura). Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 55 pp.
- Campana S.E. & J.D. Neilson. 1985. Microstructure of fish otoliths. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42 (5): 1014-1032. doi:10.1139/f85-127.
- Cubillos L. & H. Arancibia. 1995. Comparative growth performance of horse mackerel of the genus *Trachurus*, with emphasis on *T. symmetricus murphyi*. In: C. Bas, J.J. Castro & J. Ma. Lorenzo (Eds.). International symposium on middle-sized pelagic fish. Scientia Marina 59(3-4):647-652.
- Cubillos L. & A.S. Grechina. 1998. Crecimiento del jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols 1920) del Pacífico Suroriental mediante análisis de progresión modal. En: D. Arcos (Ed.). Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Instituto de Investigación Pesquera, Editora Aníbal Pinto, Concepción, pp. 151-161.
- Díaz E. 2013. Estimación del crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* captura-

- do en el mar peruano a partir del análisis de las frecuencia por tallas. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco, M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 061 - 066
- Dioses T. 1985. Edad y crecimiento de merluza. Anales: I Congreso Nacional de Biología Pesquera. Ed. A, Tresierra. 65-68.
- Dioses T. 1995. Análisis de la distribución y abundancia de los recursos jurel y caballa frente a la costa peruana. Informe Progresivo del Instituto del Mar del Perú (3). 55 pp.
- Dioses T. 2013. Edad y crecimiento del jurel *Trachurus murphyi*, (Nichols 1920) en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco, M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 045- 052
- Gamito S. 1998. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. Ecological Modelling 113 (1-3): 83-94. doi:10.1016/S0304-3800(98)00136-7.
- Gili L., V. Bocic & R. Serra. 1995. Análisis de la periodicidad de la formación del anillo hialino en otolitos de jurel de la costa de Chile. Informe interno. IFOP.
- Kochkin P. 1994. Age determination and estimate of growth rate for the Peruvian Jack mackerel *trachurus symmetricus murphyi*. J. Ichthyol. 34(3):39-50.
- Kaiser C. 1973. Age and Growth of Horse Mackerel *Trachurus murphyi* off Chile. Transactions of the American Fisheries Society 102(3): 591-595.
- Morales-Nin B. 1991. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO. Documento técnico de pesca N° 322. Roma, FAO. 58 pp.
- Nekrasov V. 1982. Distribution, biology and fisheries potential of horse mackerel (*Trachurus symmetricus murphyi*) in the south – eastern Pacific. VNIRO. Internal report. Moscow. 43 pp. (In Russian).
- Nekrasov V. 1987. Age and growth of horse mackerel. Pp. 44-46. In collected papers on the biology and fisheries of Peruvian horse mackerel. VNIRO. Moscow. (In Russian).
- Nekrasov V. 1994. Edad y ritmo de crecimiento. En: D. Arcos & A.S. Grechina (Eds.). Biología y pesca comercial del jurel en el Pacífico Sur. Instituto de Investigación Pesquera. Talcahuano, Chile. Edición especial, Aníbal Pinto, Concepción, Chile. pp. 43-45.
- Nosov E., N. Marquina & P. Kachugin. 1989, Methods for evaluating spawning stock dynamics, age and growth of Peruvian horse mackerel. P 3-63. In: Arch TINRO. Vladi Vostock (in Russian).
- Pannella G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. Science (Wsh., D.C.). 173:1124-1127.
- Pannella G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes, p. 28-39. In: TB Bagenal (ed.), Ageing of fishes. Unwin Bros. Ltd. London. 234pp.
- Pauly, D. and J.L. Munro, 1984. Once more on the comparison of growth in fishes and invertebrates. Fishbyte. Newsletter of the Network of Tropical Fisheries Scientists 2(1): 21.
- Pavez C. & S. Collantes. 1978. Determinación de edad y crecimiento del jurel *Trachurus murphyi* (Nichols 1920). Investigaciones marinas 6(6): 89-100.
- Santos B. & M. Renzi. 1999. Estudios de edad en el grupo 0 de Merluza (*Merluccius hubbsi*). Seminario final proyecto UNIDEP – JICA. Pp. 111-113.
- Serra R. 1976. Relación longitud total – longitud a la horquilla del jurel, *Trachurus murphyi* Nichols, de la zona de Arica-Talcahuano. Rev. Com. Per. Pacífico Sur 5: 173-174.
- Shcherbich L. V. 1991. Aging methods for Pacific horse mackerel in the Subarea of Chile. En: informe final Proyecto FIP N.º 95-10. Validación de los métodos aplicados en la determinación de la edad y crecimiento, y determinación de la mortalidad de jurel de la zona centro-sur. Instituto de investigación pesquera VIII región S.A. Talcahuano 1998. 170 pp.
- Simkiss K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. Pp. 1-12. En: Bagenal T.B (Ed.). Ageing of fishes. Unwin Bros. Ltd. London. 234pp.
- Victor B. & Brothers E. 1982. Age and growth of the fallfish *Semotilus corporalis* with daily otolith increments as a method of annulus verification. Canadian Journal of Zoology 60 (11): 2543-2550. doi:10.1139/z82-326.