

Determinación del crecimiento de *Opisthonema libertate* (Clupeiformes: Clupeidae) mediante lectura de otolitos

Roberto Carmona¹ y Francisco Alexandres²

¹ Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento de Biología Marina, Apartado Postal 19-B, La Paz B.C.S., México.

² Departamento de Pesquerías, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, Apartado Postal 592, La Paz B.C.S., México.

(Rec. 5-V-1993. Acep. 22-X-1993)

Abstract: The length of 109 pairs of sagittae otoliths of the Pacific thread herring (*Opisthonema libertate*) was compared with the total length of each specimen. Both are closely related and can be described through a lineal model. To improve visibility of hyaline and opaque bands, the otoliths were stained with alizarin red (successful in 101 pairs). The number of marks increased with otolith and specimen lengths. The results suggest an isometric growth ($a=0.00002$, $b=2.999$). The estimated parameters of the von Bertalanffy equation ($L_{\infty}=194\text{mm}$, $k=0.812$, and $t_0=-0.015$), were those of a small species, with short lifespan and high mortality.

Key words: Growth, *Opisthonema libertate*, otoliths, Magdalena Bay.

La pesquería de sardina en México ha ocupado, a partir de la década de los setenta, el primer lugar en cuanto a volumen de captura (Sevilla 1983). Se encuentran en ella cinco géneros, de los cuales *Sardinops* y *Opisthonema* sobresalen por su importancia relativa (Rodríguez 1989).

A pesar de la creciente importancia de la sardina crinuda (*O. libertate*) en las capturas, el conocimiento de su biología es menor que el de otras especies de esa pesquería. Todavía más escasos son los estudios sobre determinación de edad y estructura poblacional, que son básicos para una administración racional del recurso (Brothers 1979, Ehrhardt 1981).

La determinación de edad para las especies del género *Opisthonema* ha sido un problema particularmente difícil de abordar, debido en primera instancia a la dificultad que hay en las especies tropicales para la identificación e interpretación de las marcas o bandas de crecimiento. Al no existir cambios estacionales tan marcados como en aguas más frías, la deposita-

ción de anillos hialinos y opacos es poco notoria, por lo que es necesaria la aplicación de técnicas que faciliten su identificación (Pentilla *et al.* 1988).

Un problema más al trabajar con el género *Opisthonema* es la dificultad en la identificación de las especies; Rodríguez (1989) menciona que la identificación según la metodología propuesta por Berri & Barret (1963) es insegura.

En este trabajo se determinó el modelo que relaciona el crecimiento del otolito con el del pez, se aplicó una técnica de tinción que facilita la lectura de marcas en los otolitos y se determinaron los parámetros de los modelos de la relación peso-longitud patrón y de crecimiento (von Bertalanffy).

MATERIAL Y METODOS

El material se obtuvo en el Departamento de Pesquerías del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, que cuenta con una co-

lección de otolitos de sardina crinuda provenientes de muestreos realizados en las temporadas de pesca 1982-1988 en el área de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México (112°00,00" W y 24°38'00"N).

La identificación se hizo relacionando la longitud patrón, el número de branquiespinas en la parte inferior del primer arco ceratobranquial y la longitud de este arco, considerando además la región geográfica (Rodríguez 1989).

Las tallas (longitud patrón) fueron agrupadas en intervalos de 10mm, tomando de ser posible hasta 13 pares de otolitos por intervalo (total 109 pares).

Para utilizar una estructura esquelética en la determinación de edad, es deseable que su crecimiento esté correlacionado con el del organismo (Rocha 1991). Para comprobar lo anterior, se realizaron mediciones de la longitud y el radio del otolito (distancia entre el borde posterior y el foco), ajustando una línea recta a cada grupo de datos. Las unidades en las que se expresan tanto la longitud como el radio del otolito son unidades de la rejilla del microscopio y cada una equivale a 0.06 mm.

Se aplicó una técnica de tinción con rojo de alizarina, un colorante con afinidad por el carbonato de calcio (Berry *et al.* 1977, Johnson 1984). La solución de colorante se preparó disolviendo 0.01 g de rojo de alizarina en 5 ml de alcohol etílico y aforando con agua destilada a 500 ml. Los otolitos fueron inmersos en la solución durante 24 h y después almacenados en cápsulas de celulosa. La observación se realizó al microscopio estereoscópico con luz transmitida.

Se calcularon los estimados de los parámetros de la ecuación peso-longitud patrón,

$$W_t = aL_t^b, \text{ donde,}$$

W_t y L_t representa el peso y la longitud al tiempo t , respectivamente y

a y b son los estimados de los parámetros de ajuste.

Con los promedios de talla por edad (ver posteriormente) se calcularon los estimados de los parámetros del modelo propuesto por von Bertalanffy (Moreau 1987).

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

L_t = Longitud a la edad t .

L_{∞} = Longitud asintótica promedio

k = Tasa metabólica

t_0 - Edad teórica a la cual el pez mide 0.

Tanto el ajuste de la relación peso-longitud, como el del crecimiento se llevaron a cabo por el método iterativo no lineal propuesto por Marquardt (1963), para lo cual se utilizó el paquete estadístico Stat Grafic 2.1.

Para el ajuste al modelo de crecimiento se utilizó un promedio de la longitud a la eclosión ($L_0 = 2.47$ mm, Matus-Nivón *et al.* 1989). Para poder utilizar la longitud anterior se asignaron grupos de edad intermedios a las diferentes longitudes patrón promedio, basándose en que prácticamente en ninguno de los otolitos leídos se acababa de formar la marca (Rocha 1991). Por ejemplo, 168.6 mm fue el promedio de longitud patrón para los otolitos con dos marcas, a este promedio se le asignaron 2.5 años de edad. Por último se consideró que las marcas de crecimiento representan períodos anuales (Fuentes 1983, Dawson 1986).

RESULTADOS

Se obtuvieron 12 intervalos de talla que fueron desde los 95 hasta los 215 mm de longitud (Cuadro 1).

Al comparar las mediciones de la longitud de los otolitos y la de los peces, se advirtió claramente que los datos tendieron a comportarse de manera lineal, explicando el modelo el 94% de la variación ($p < 0.05$) (Fig.1 arriba). En el caso de las medidas del radio, esta tendencia se mantuvo, sin bien el grado de dispersión de los puntos fue mayor, tal como lo demuestra su menor coeficiente de determinación (0.90, $p < 0.05$) (Fig.1 arriba).

Fue posible leer 101 pares de otolitos, su número de marcas aumentó con longitud patrón de los peces (Cuadro 1).

Se encontraron cinco grupos de edad de acuerdo al número de marcas, a partir del grupo 0 y hasta el grupo 4 (Cuadro 1).

En cuanto a la relación peso-longitud (Fig.1 centro), los estimados de los parámetros sugieren un crecimiento isométrico, por lo que es factible aplicar el modelo de von Bertalanffy.

Los parámetros del modelo de crecimiento se calcularon de dos formas, la primera utilizando todos los datos. En el segundo caso fue

CUADRO 1

Frecuencia de otolitos con base en el número de marcas y a la longitud patrón de los peces

Intervalo de longitud (mm)	Número de marcas					Total
	0	1	2	3	4	
95-105	4					4
105-115	5	2				7
115-125	11					11
125-135	4	4				8
135-145	3	1	2			6
145-155	1	6	6			13
155-165		1	2	4		7
165-175			2	5	3	10
175-185			2	6		8
185-195			1	9	1	11
195-205			4	4		8
205-215			1	4	3	8
Total	28	14	20	32	7	101
Longitud promedio	119.6	138.1	168.6	183.9	189.5	
Desviación estándar	12.8	15.4	23.4	15.9	21.3	

excluido el dato correspondiente a 0.5 años siguiendo el criterio establecido por Félix-Uraga (1990); los ajustes resultantes se muestran en la Fig.1 (abajo). Aunadas a los dos ajustes anteriores se presentan las curvas de crecimiento propuestas por Fuentes (1983) y por Dawson (1986), ambas determinadas mediante el método de Ford-Walford, utilizando la longitud total de los organismos.

Las ecuaciones resultantes en cada caso fueron:

Dawson (1986): $L_t=294 [1-e^{-0.223(t+3.91)}]$ (Fig.1 abajo A)

Fuentes (1983): $L_t= 317 [1-e^{-0.216(t+2.52)}]$ (Fig. 1 abajo B)

Presente, con exclusión: $L_t=194 [1-e^{-0.812(t+0.01)}]$ (Fig. 1 abajo C)

Presente, sin exclusión: $L_t= 176 [1-e^{-1.752(t+0.02)}]$ (Fig. 1 abajo D)

Fuentes (1983) y Dawson (1986) no mencionan coeficientes de correlación, en el caso presente éstos fueron de 0.999 y de 0.952, respectivamente (ambos con $p<0.05$).

DISCUSION

No existen investigaciones previas de edad y crecimiento para esta especie en la zona norte del Pacífico mexicano. Los trabajos anteriores, además de llevarse a cabo en otras aguas (ecuatoriales), pese a que suponen trabajar con *O. libertate*, presentaron dificultades en la identificación de la especie (Fuentes 1983, Dawson 1986). Así, este estudio es el primero en el que se cuenta con una clara diferenciación de la especie.

Comparando los ajustes de la longitud y el radio del otolito con la talla de los peces, este último presentó una dispersión mayor, en gran parte debido al problema que causó la ubicación del foco. Sin embargo, pese a que el coeficiente de determinación fue menor, comparado con el de la longitud, no deja de ser significativo. El crecimiento del pez y el del otolito están relacionados significativamente, por lo que en lo tocante a proporcionalidad, esta estructura puede ser usada en la determinación de edad.

La longitud patrón de los ejemplares se relaciona directamente con el número de marcas, lo cual se evidenciaba al observar las longitudes

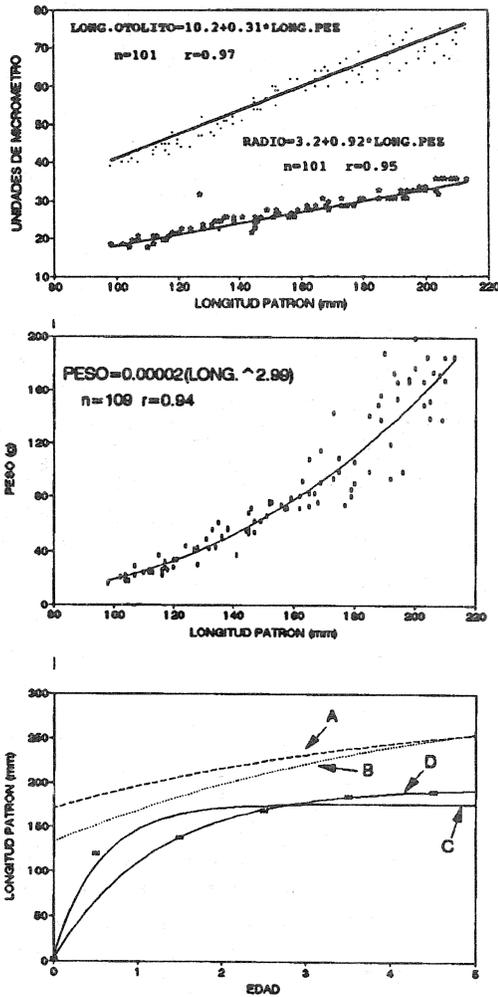


Fig. 1. arriba: Relación entre la longitud y el radio del otolito y la longitud patrón de la sardina crinuda (*O. libertate*).

En medio: Relación Peso-Longitud patrón de la sardina crinuda (*O. libertate*).

Abajo: Modelos de crecimiento de la sardina crinuda (*O. libertate*). A: Dawson (1986); B: Fuentes (1983); C: Trabajo presente sin exclusión de la longitud promedio de los organismos del grupo 0.5; D: Trabajo presente con exclusión; * : Promedios obtenidos en el trabajo presente.

promedio (Cuadro 1). Sin embargo, entre los grupos 0 a 1 y 3 a 4, existe una sobreposición considerable de tallas, lo que es atribuible al tamaño de muestra, si bien, lo observado es indicativo de la probable distribución normal de cada grupo. Además el solapamiento de los intervalos de longitud a diferentes edades es común en las especies tropicales (Ehrhardt 1981).

Las sardinas sin marcas en sus otolitos (edad <1) no se encuentran totalmente reclutadas a la pesquería, por lo que los organismos capturados de dicho grupo son sólo los mayores, lo que causa que las tallas disponibles se encuentren sesgadas hacia valores altos. Los organismos son cuatro marcas son los más escasos tanto en la pesquería como en la muestra y a su vez, probablemente los más pequeños de su grupo. Esto último es debido a que una vez reclutados a la pesquería, los organismos más grandes de cada grupo de edad presentan una mortalidad mayor que sus compañeros de grupo, manteniéndose los pequeños por mayor tiempo en la pesquería (Lagler 1977).

En relación a los dos ajustes de crecimiento realizados en este trabajo, ambos presentan coeficientes de correlación altamente significativos, siendo mayor el de los datos con exclusión. Una razón más para preferir este último ajuste es que, como ya se mencionó, las sardinas del primer grupo de edad no están totalmente reclutadas a las pesquerías, lo cual ocasiona que el promedio se encuentre generalmente sobreestimado (Félix-Uraga 1990). De considerar el promedio de longitud a dicha edad se obliga al modelo a tratar de pasar por él, sobreestimando la tasa de crecimiento y subestimando la longitud asintótica. Así, de considerarse en el ajuste esta edad, su repercusión en el mismo será antes negativa que positiva. Con base en lo anterior se prefirió el ajuste con exclusión y la siguiente discusión se basará en éste.

La longitud asintótica (L_{∞}), determinada por el modelo se encuentra por debajo de algunos de los datos observados. Sin embargo, se debe considerar que para cada edad existen valores de longitud tanto mayores como menores al promedio. De llevar este razonamiento al último grupo, el valor de L_{∞} no representa tanto una longitud máxima como una longitud asintótica promedio, pudiendo existir valores observados mayores a ésta.

La comparación de los parámetros obtenidos en este trabajo con los de Fuentes (1983) y Dawson (1986) se dificulta por dos razones. La primera es que ellos utilizaron la longitud total de los organismos, lo cual hace incomparable la longitud asintótica (L_{∞}). Por otra parte el método de ajuste también difiere del utilizado en el presente. Pese a lo anterior tanto la tasa de creci-

miento (k), como la edad hipotética a la que el organismo mide 0 (t_0) son susceptibles de ser comparados.

Lo más resaltante en el caso de las tasas de crecimiento que proponen dichos autores son sus valores bajos, en gran parte, debido al método de ajuste. Valores tan bajos de k son difícilmente esperables en organismos con vida corta y alta tasa de mortalidad, como son los pelágicos menores (Félix-Uraga 1986, Saldierna-Martínez *et al.* 1987).

En cuanto a t_0 , se ha discutido mucho si a este parámetro se le debe dar una connotación biológica; de ser afirmativa la respuesta, representaría el período que pasa de la anfimixia a la eclosión (Félix-Uraga 1990). En el trabajo presente, al considerarse las marcas anuales, el t_0 obtenido corresponde a 130 h aproximadamente. De manejarse como período de incubación, se encontraría sobreestimado, comparado con las 24 h establecidas por Matus-Nivón *et al.* (1989), sin embargo, este valor es más coherente que el determinado tanto por Fuentes (1983) como Dawson (1986). Lo anterior parece deberse de nuevo a los diferentes métodos de ajuste utilizados. De no contarse con la infraestructura para realizar un ajuste por método iterativo, en especies con altas tasas de crecimiento es más recomendado utilizar el método de López-Veiga (Ehrhardt 1981).

Los valores obtenidos en este trabajo, tanto para la tasa metabólica como para t_0 , son acordes con una especie de tamaño pequeño y vida corta como la sardina crinuda. De considerarse el modelo obtenido, *O. libertate* alcanzaría durante el primer año de vida, aproximadamente el 65% de su desarrollo total. Ello suele suceder en peces pelágicos menores, con alta tasa metabólica.

Los resultados sugieren que la formación de las marcas en los otolitos, evidenciadas por la técnica de tinción, está correlacionada estrechamente con el crecimiento. Por otra parte, puesto que la especie se desarrolla isométricamente, es factible utilizar el modelo de von Bertalanffy y los estimados de los parámetros de dicho modelo son del todo coherentes con la biología de la especie.

AGRADECIMIENTOS

A Leonardo Huato y Rubén Rodríguez por las facilidades otorgadas. A David Siqueiros,

Axayacatl Rocha y Gustavo Danemann por su ayuda y sugerencias. A Víctor Gómez por todo el apoyo para la publicación del presente artículo.

RESUMEN

Se compararon las longitudes de 109 pares de otolitos sagitae de sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) con las de los organismos correspondientes. Ambas están relacionadas mediante un modelo lineal. Para mejorar la visibilidad de las de bandas hialinas y opacas en los otolitos, se les aplicó una técnica de tinción con rojo de alizarina (se obtuvo éxito en 101 pares). El número de marcas se incrementó conforme el otolito y el organismo fueron más grandes. Se determinaron los estimados de los parámetros de la relación peso longitud total; los resultados muestran un crecimiento prácticamente isométrico. A su vez se determinaron los estimados de los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy ($L_{\infty}=194$ mm, $k=0.812$ y $t_0=-0.015$), todos coherentes con una especie pequeña, de vida corta y con alta mortalidad.

REFERENCIAS

- Berry, F.H. & I. Barrett. 1963. Gillraker analysis and speciation in the tread herring genus *Opisthonema*. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. 1: 113-153.
- Berry, F.H., D.W. Lee & A.R. Bertolino. 1977. Age estimates in Atlantic bluefin tuna. An objective examination and an intuitive analysis of rhythmic markings on vertebrae and otoliths. Int. Comm. Atl. Tunas, Collect. Vol. Sci. Pap. Madrid 6: 305-317.
- Brothers, E.B. 1979. Age and growth studies on tropical fishes for tropical small-scale fisheries. The Univ. of Rhode Island (ICRMD), R. Island.
- Dawson, W. 1986. The interpretation of otolith structure for the assessment of age and growth of some pelagic fishes from the coast of Ecuador, makerel (*Scomber japonicus*), pacific sardine (*Sardinops sagax*), pacific thread herrings (*Opisthonema medirastre* and *O. bulleri*), and round herring (*Etrumeus teres*). Instituto Nacional de Pesca. Ecuador. Vol. 60: 7-17.
- Ehrhardt, N. 1981. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. Tercera parte. Parámetros poblacionales. FAO-CICIMAR, La Paz, B.C.S. México. 134p.
- Félix-Uraga, R. 1986. Edad, crecimiento y estructura poblacional de *Sardonops sagax carulea* en Bahía Magda-

- lena durante 1981 a 1984. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. 103 p.
- Félix-Uraga, R. 1990. Crecimiento de *Sardinops sagax caerulea* en Bahía Magdalena, México. *Inv. Mar. CICIMAR*. 5:27-31.
- Fuentes, E. 1983. Estudio preliminar de edad y crecimiento de *Opisthonema* spp. en aguas Ecuatorianas. *Rev. Cien. Mar. Limn.* 2: 109-114.
- Johnson, A.G. 1984. Comparison of dorsal spines and vertebrae as ageing structures for little tuny *Euthynus alletteratus* from the Northeast Gulf of Mexico. NOAA Tech. Rep. NMFS. 8: 111-115.
- Lagler, K.F. 1977. *Freshwater Fishery Biology*. W.M.C. Brown, 478 p.
- Marquaedt, D.W. 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *J. Soc. Ind. App. Math.* 11: 431-441.
- Marquaedt, D.W. 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *J. Soc. Ind. App. Math.* 11: 431-441.
- Matus-Nivón, E.R. Ramírez-Sevilla, J.L. Ortiz-Galindo, R. Martínez-Pecero & B. González-Acosta. 1989. El huevo y la larva de la sardina crinuda del Pacífico *Opisthonema libertate* (Günther). *Rev. Biol. Trop.* 37: 115-125.
- Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expressions of growth in fishes: Recent trends and further developments. p. 81-113. *In* R.C. Summerfelt & G.E. Hall (eds.). *Age and growth of fish*. Iowa State University, Iowa.
- Pentilla, J.A. Jearld & S. Clark. 1988. Introduction & Glossary of terms, p. 3-6. *In* J. Pentilla y L.M. Dery (eds.). *Age determination Methods for Northwest Atlantic Species*. NOAA Tech. Rep. NMFS.
- Rocha, A. 1991. Edad y crecimiento del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Perciformes: Lutjanidae) en la Bahía de La Paz y área adyacentes, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura Univ. Auton. de B.C.S. La Paz B.C.S. México. 121 p.
- Rodríguez, R. 1989. Taxonomía de las especies del género *Opisthonema* (sardina crinuda) en el noroeste de México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S. México. 101 p.
- Saldiema-Martínez, R.J., C.A. Sánchez-Ortiz & G.R. Vera-Alexandre. 1987. Estudio sobre los primeros estadios de vida de las sardinas crinuda (*Opisthonema libertate*), y monterrey (*Sardinops sagax*), en Bahía Magdalena, B.C.S. I. Descripción de huevos. II. Distribución y abundancia de huevos y larvas. III. Mortalidad larval. Tesis de licenciatura. Univ. Autón. de B.C.S., México. 168 p.
- Sevilla, M.L. 1983. *Biología pesquera*. C.E.C.S.A., México, D.F. 100 p.