

Edad y Crecimiento de la Sardina Escamuda (*Harengula jaguana*, Poey, 1865) en Costas de Yucatán, México

Age and Growth of the Scaled Sardine (*Harengula jaguana*, Poey, 1865) along the Yucatan Coast, Mexico

C. O. LEONCE-VALENCIA

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

A.P. 73

Cordemex. C.P. 97310

Mérida, Yucatán, México

RESUMEN

En el presente trabajo se determina la edad y crecimiento de la sardina escamuda (*Harengula jaguana*) en base a la lectura de otolitos en 209 especímenes cuyas tallas oscilaron entre 73 y 149 mm de longitud furcal. Los organismos provinieron del muestreo de desembarque efectuado en el Puerto de Celestún, Yucatán, entre octubre de 1986 y julio de 1987. El análisis de bordes mostró que la formación del anillo principal ocurre en abril, observándose un segundo anillo hialino en diciembre. Mientras el primero es atribuido a factores reproductivos, el segundo estaría condicionado por factores ambientales (e.j., disminución de temperatura). La edad máxima observada fue de 7 años. Los parámetros de crecimiento estimados en base a los métodos de Ford-Walford y CAST, tanto para longitudes observadas como retrocalculadas, oscilaron entre 153 mm y 158 mm para L y entre 0.17 y 0.24 / año para K. Los valores estimados de la tasa de crecimiento, w, y índice de crecimiento, ϕ' mostraron una marcada similitud para todas las estimaciones efectuadas.

PALABRAS CLAVE: edad, otolitos, *Harengula jaguana*, Yucatán.

ABSTRACT

209 pairs of otoliths were used to determine the age and growth of the scaled sardine (*Harengula jaguana*) whose sizes oscillated between 73 mm and 149 mm of fork length. Samples were collected from landings at Celestun Port, Yucatan, between October 1986 and July 1987. The analysis of the otoliths edges established that the main ring is formed in April, while a secondary one is deposited in December. The former could be attributed to reproductive factors, whereas the latter is determined by diminishing temperatures. The maximum observed age was 7 years. L and K parameters, estimated according to Ford-Walford and CAST methods, for observed and backcalculated lengths, varied between 153 mm-158 mm and 0.17-0.24 per year, respectively. Estimated values of the growth rate, w and growth index ϕ' showed a strong similarity for all estimations.

KEY WORDS: age, otoliths, *Harengula jaguana*, Yucatán.

INTRODUCCION

La sardina escamuda, *Harengula jaguana* es un clupeido costero que habita las aguas del Atlántico Centroccidental, desde el sur de E.E.U.U. hasta el sur de Brasil (FAO, 1982). En las costas de Yucatán, *H. jaguana* forma parte de una pesquería multi-específica realizada con chinchorro playero que tiene como base el Puerto de Celestún, Yucatán y se ubica entre las siete especies de mayor importancia comercial en la zona. El volumen de captura regional de sardinas en 1986 y 1987 fue de 1,579,306 kg y 976,820 kg, respectivamente. El 85% de esta captura, incluyendo *H. jaguana*, es utilizada para producir harina de pescado. Se utiliza, así mismo, como carnada en la pesca de línea de la región.

Las investigaciones sobre esta especie se refieren principalmente a su biología, anatomía, ecología, e historia natural (Guitart, 1974; Martínez y Houde, 1975; Perry y Boyes, 1978; Olvera y Cid del Prado, 1983; Sierra y Diaz-Zaballa, 1984; Mexicano, 1989). Sin embargo, la información sobre su crecimiento es escasa. Los primeros estudios realizados al respecto se llevaron a cabo en las costas de E.E.U.U. por Gunter (1945), Breder (1948), Rivas (1964), Christmas (1973) y Houde (1977). Para las costas de la Península de Yucatán no existe información referida a este tópico. Reconociendo que este tipo de información es básica para el conocimiento y manejo del recurso, el presente trabajo tuvo como objetivo obtener información sobre la edad y crecimiento de la sardina escamuda a través de la lectura de anillos de crecimiento en otolitos y aplicación de la técnica de retrocálculo. Así mismo, se valida la edad a través del análisis temporal de incremento marginal en otolitos a efecto de minimizar errores aleatorios y sistemáticos que inevitablemente ocurren en las técnicas existentes para dichas determinaciones (Beamish y McFarlane, 1983).

MATERIAL Y METODOS

El material de estudio se obtuvo durante el período comprendido entre octubre, 1986 y julio, 1987, a partir de muestreos de la captura comercial realizada con chinchorro playero por la flota menor del Puerto de Celestún, en el litoral occidental de la Península de Yucatán, México (20°52' N; 90°24' W) (Figura 1).

Se analizaron 30 ejemplares por mes que fueron medidos en su longitud furcal (mm) y peso total (g); posteriormente le fueron extraídos cada uno el par de otolitos sagita. Los otolitos fueron lavados en agua corriente y una vez limpios y secos, fueron quemados (FAO, 1982). Dado su pequeño tamaño (1.94 mm - 3.39 mm), fueron manipulados con una asa de siembra a una distancia aproximada de 5 cm de la flama del mechero durante 5 minutos, hasta alcanzar un color café claro. Se dejaron en friar y se colocaron inmersos en glicerina en un vidrio de reloj de fondo oscuro, a efectos de su observación en el microscopio estereoscópico con luz reflejada a 32 aumentos.

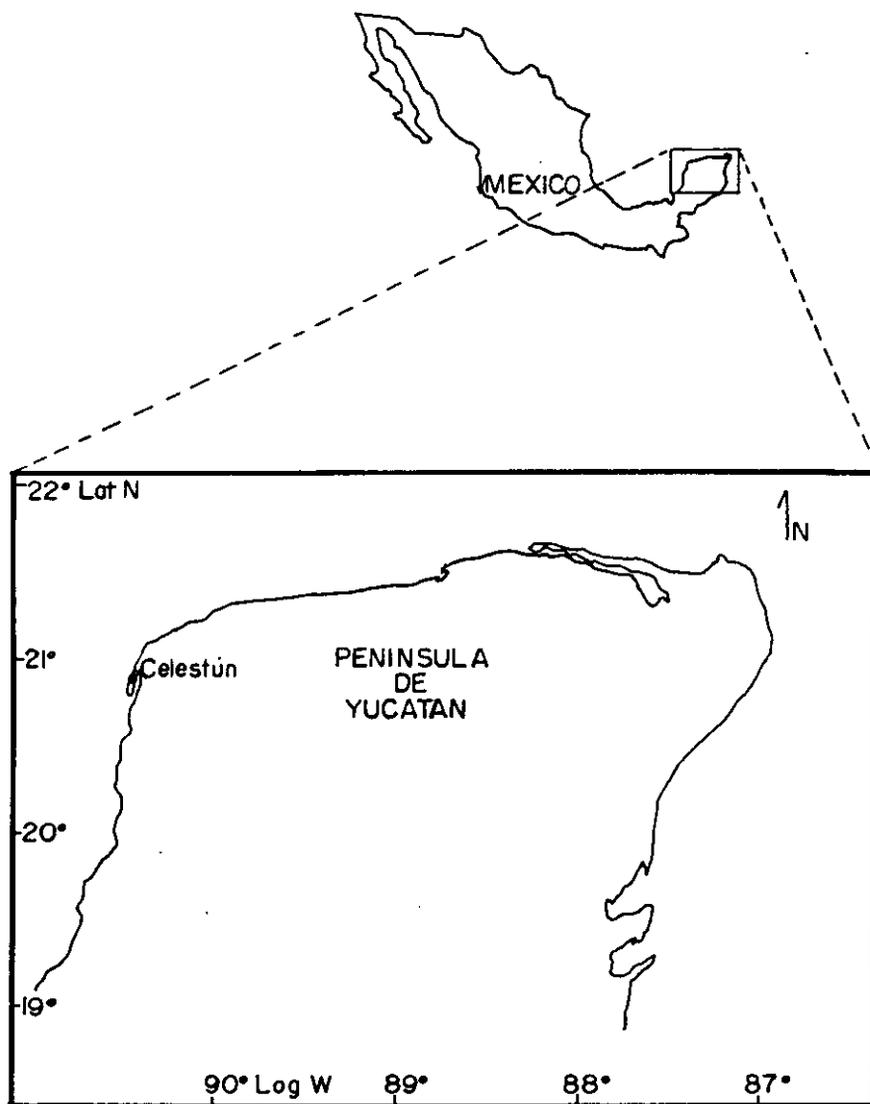


Figura 1. Zona de estudio, indicando el Puerto de Celestun (Yucatán, México).

La terminología empleada en este trabajo, de acuerdo a la apariencia visual del otolito con luz reflejada, fue definida de la siguiente manera: 1) el anillo opaco describe la zona blanca, la cual se forma por deposición de carbonato de calcio, durante los períodos de crecimiento rápido, 2) el anillo translúcido o hialino se forma por deposición de proteína (otolina) y se asocia con el período de crecimiento lento.

La lectura e interpretación de anillos se realizó sobre la parte posterior de la superficie cóncava del otolito izquierdo (Figura 2), debido a que en dicha región los anillos hialino y opaco fueron más legibles. El radio del otolito y el radio del anillo fueron medidos con un ocular micrométrico, desde el centro del núcleo hasta el margen distal del otolito y margen externo de las zonas hialinas (R y r, respectivamente, Figura 2). Se utilizaron los criterios de Bagenal y Tesch (1978) para definir un anillo verdadero. En los casos que se tuvieron dudas con estructuras secundarias o falsos anillos, se efectuaron interpretaciones con un segundo lector.

Se examinaron los cambios mensuales en el porcentaje de ocurrencia de otolitos con márgenes opacos y hialinos. Para tales efectos se utilizaron otolitos provenientes de peces menores de 7 años. Para conocer las longitudes a edades previas del pez se aplicó la técnica de retrocálculo o cálculo regresivo, la cual supone que existe una estrecha relación entre el crecimiento del pez y el incremento de las estructuras duras (Jearld, 1983). De tal manera se realizó una regresión entre la longitud furcal de los individuos (LF) y el radio del otolito (R), de la forma:

$$LF = a + b (R) \quad (1)$$

Dado que la relación es lineal y generalmente no pasa por el origen, para obtener las longitudes retrocalculadas fue utilizada una modificación de (1) (Fraser, 1916; Lee, 1920; en Bagenal y Tesch, 1978) dada por:

$$Ln - a = Sn (L-a) \quad (2)$$

donde: Ln = longitud del pez al formarse el anillo n.; L = longitud del pez al ser capturado; Sn = radio del anillo n; S = radio total del otolito; a = ordenada al origen de la ecuación lineal.

La comparación estadística entre las longitudes observadas y las retrocalculadas fue efectuada a través de un test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras (Payne, 1982; Shannon, 1988). A tales efectos se calculó la distancia máxima (DM) entre pares de datos, utilizándose un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ para probar la hipótesis nula de igualdad de distribuciones (Graybeal y Pooch, 1980).

El crecimiento de *H. jaguana* fue descrito por la ecuación de von Bertalanffy (ECVB) (1938) dada por:

$$L_t = L (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (3)$$

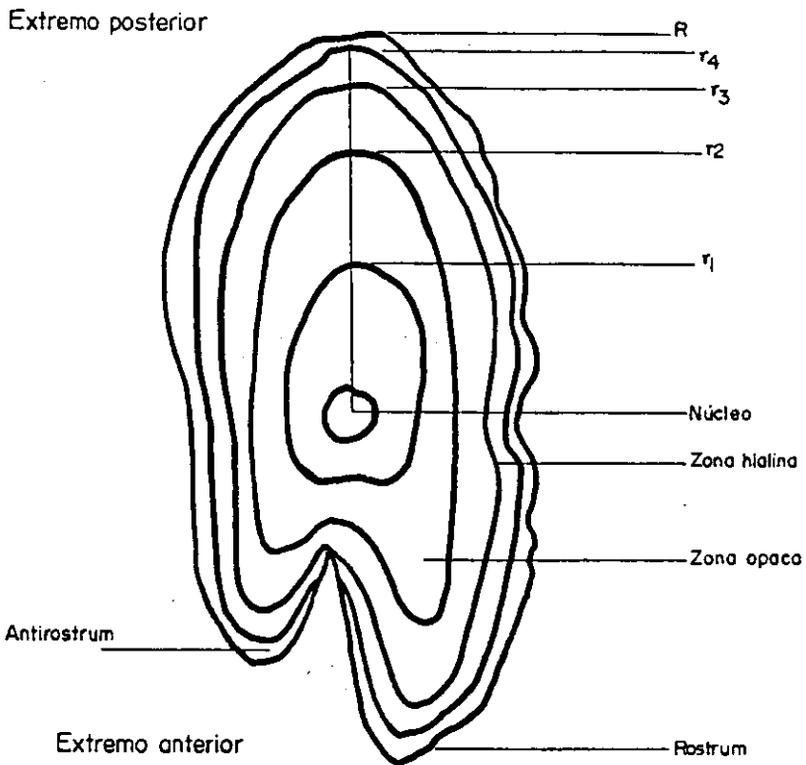


Figura 2. Esquema del otolito de *Harengula jaguana*, mostrando la distancia del núcleo al borde del otolito (R) y del núcleo a cada anillo (r).

donde: L_t = longitud a una edad t ; L_∞ = longitud máxima promedio o asintótica; K = tasa de crecimiento proporcional a la tasa de catabolismo; t_0 = parámetro de ajuste, que teóricamente representa la edad que el pez tendría a una longitud cero.

Los parámetros L_∞ y K de la ECVB, fueron estimados en base al método de Ford-Walford (Pauly, 1983) y CAST (Stamatopoulos y Caddy, 1989). El parámetro t_0 se determinó mediante la forma linearizada de la ECVB (Sparre *et al.*, 1989):

$$\ln(1 - L_t/L_\infty) = Kt_0 - Kt \quad (4)$$

Utilizando la respectiva edad t como variable independiente y el lado izquierdo de la ecuación como variable dependiente, la ecuación (4) define una regresión lineal en la cual K representa la pendiente (b) y $-Kt_0$ el intercepto (a). En consecuencia t_0 es estimado en base al cociente $-a/b$. Este parámetro fue obtenido así mismo, utilizando el método de CAST. En ambos casos se empleó la clave largo-edad, determinada tanto por la lectura directa de anillos como por retrocálculo. Se estimó para cada par de parámetros de crecimiento L_∞ y K (en base anual), la tasa de crecimiento w (Gallucci y Quinn, 1979) dada por el producto $w = L_\infty K$, y el índice Φ' definido como: $\Phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_\infty$. (Pauly y Munro, 1984; Vakily, 1990).

RESULTADOS

Se recolectaron 270 pares de otolitos, de los cuales se utilizaron 209 para la lectura de marcas de crecimiento. El resto fue eliminado debido a fracturas ó dificultad en la identificación de anillos. La Tabla 1 muestra las longitudes mínimas y máximas para todas las muestras, discriminadas por mes.

Se identificaron hasta 7 clases de edad, siendo 3 años la edad mínima observada. No se obtuvieron organismos pequeños (edades cero a dos) debido a la selectividad del arte empleado (chinchorro playero). Por otra parte, en zonas de mayor profundidad es posible encontrar organismos de tallas mayores a las obtenidas en este trabajo, que se dispersan sobre la plataforma continental para alimentarse (Sierra y Díaz-Zaballa, 1984).

Se obtuvo una relación lineal significativa ($r=0.87$; $p<0.001$) entre la longitud furcal (LF) y el radio del otolito (R) (Figura 3) dada por la ecuación:

$$LF = 0.1738 + 83.4626 R$$

La variación mensual de la proporción de anillos en el borde del otolito sugiere la formación de dos anillos hialinos y uno opaco en el año. Aunque no se tienen datos de agosto y septiembre, la proporción de otolitos con anillos opacos (de crecimiento rápido) en el borde muestra dos máximos durante el año: uno de mayor magnitud en junio-noviembre, y otro en marzo más pequeño (Figura 4).

Las longitudes retrocalculadas y observadas (Tabla 2) presentaron una similitud altamente significativa ($DM = 0.14$; $p = 0.99$).

Tabla 1. Longitudes mínimas y máximas (mm) de ejemplares de *H. jaguana* en los cuales se analizaron los otolitos.

MES	N	LONGITUD MÍNIMA (mm)	LONGITUD MÁXIMA (mm)
OCTUBRE	16	120	140
NOVIEMBRE	26	75	145
DICIEMBRE	27	101	149
FEBRERO	17	73	137
MARZO	26	79	135
ABRIL	23	75	140
MAYO	23	94	126
JUNIO	29	73	140
JULIO	22	86	131

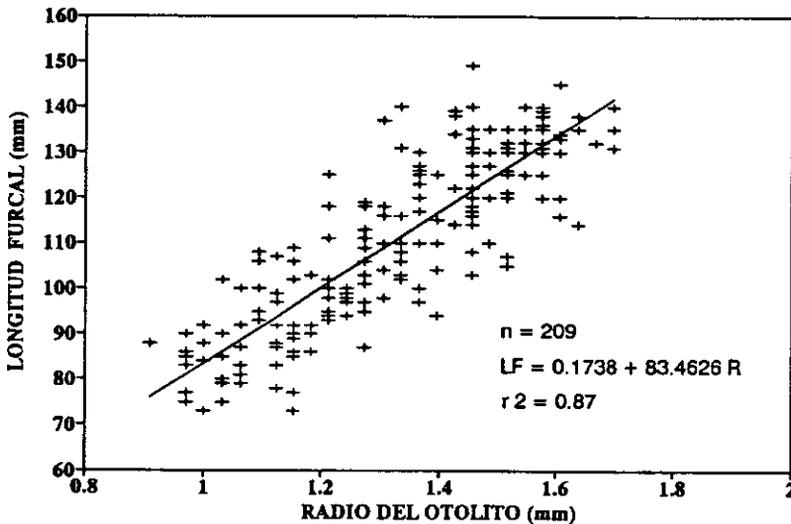


Figura 3. Relación radio del otolito-longitud furcal (mm) en *Harengula jaguana*.

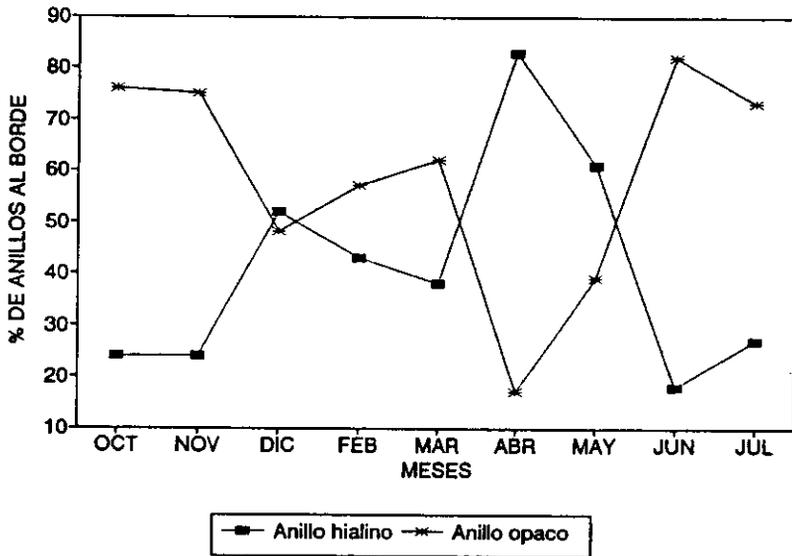


Figura 4. Variación mensual del incremento marginal y porcentaje de organismos con anillos hialino u opaco al borde en otolitos de *Harengula jaguana*.

Tabla 2. Longitud furcal (LF, en mm) observada y retrocalculada de *Harengula jaguana* a partir de la lectura de otolitos. Número de individuos (N), límites (mm), media y desviación estándar (DE).

Grupo edad	LF Observada (mm)			LF retrocalculada (mm) a la edad							
	N	Límites	Media+DE	1	2	3	4	5	6	7	
III	15	73-106	87 ± 8	42	63	80					
IV	57	73-137	95 ± 14	42	59	82	100				
V	65	87-149	114 ± 14	44	62	81	107	115			
VI	67	105-145	12 ± +8	44	62	80	105	111	122		
VII	5	120-140	130 ± 7	42	58	81	94	117	123	124	
LF PROMEDIO				43	61	81	102	114	122	124	
N				209	209	209	194	137	72	5	
INCREMENTO ANUAL (mm)					18	20	21	12	8	2	

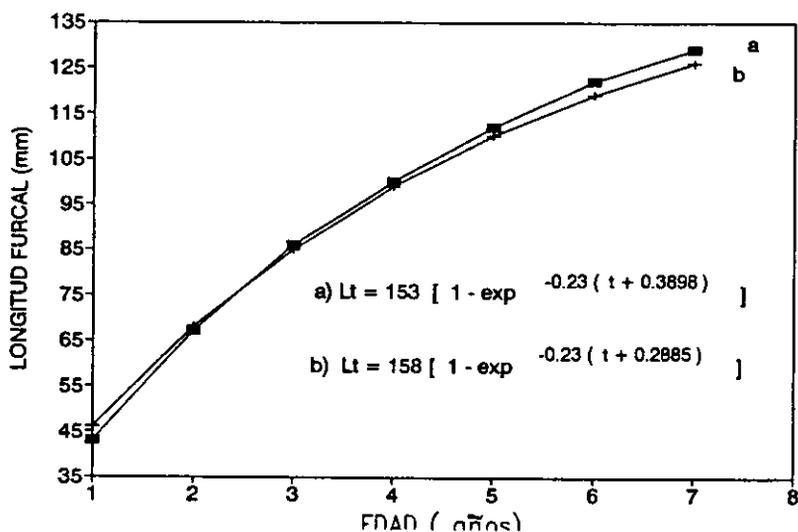


Figura 5. Curvas de la ecuación de von Bertalanffy obtenidas en base al método de Ford-Walford (Pauly, 1983) para datos (a) observados y (b) retrocalculados.

Tabla 3. *H. jaguana*. Parámetros de crecimiento estimados por los métodos de Ford-Walford (Pauly, 1983) y CAST (Stamatopoulos y Caddy, 1989) en base a lectura de anillos y datos retrocalculados. Se muestran así mismo los valores de w y ϕ' .

METODO	PARAMETROS DE CRECIMIENTO				
	L (mm)	K (anual)	t_0	ϕ'	w
FORD- WALFORD					
Anillos	158	0.23	-0.38*	3.75	36.34
FORD- WALFORD					
Retrocálculo	153	0.23	-0.28*	3.73	35.19
CAST					
Anillos	183	0.17	-0.67	3.75	31.11
CAST					
Retrocálculo	155	0.24	-0.26	3.75	37.20

* = ECVB linearizada

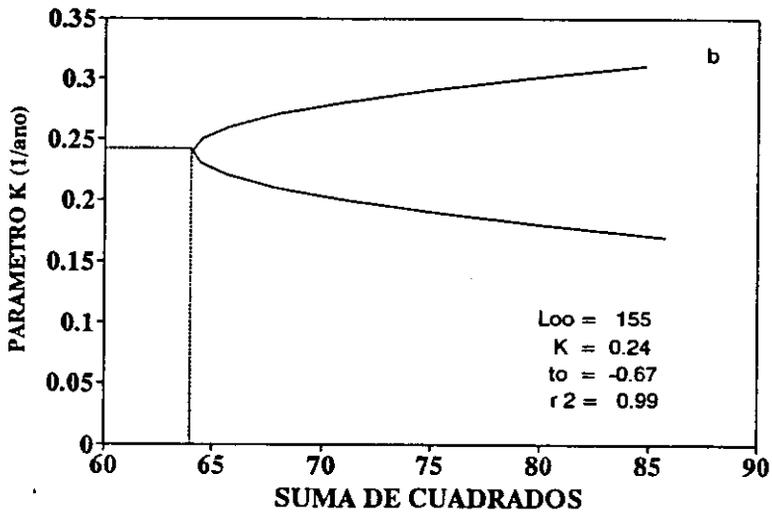
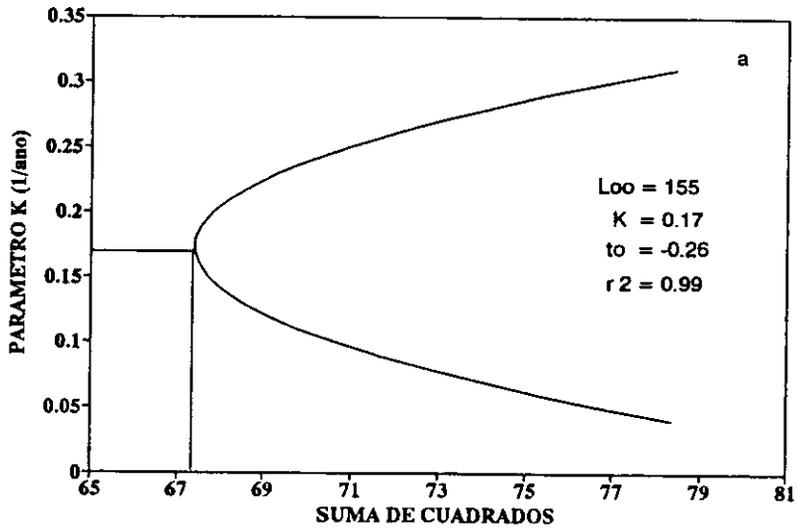


Figura 6. Relación entre el parámetro de curvatura K y la suma de cuadrados residuales estimados en base al método CAST para datos (a) observados y (b) retrocalculados. En línea punteada se indica la estimación óptima de K para cada caso. Así mismo, se muestran los valores de L , K , t_o y ajuste del modelo para ambos grupos de datos.

Los parámetros de crecimiento, obtenidos por Ford-Walford (Pauly, 1983) (Figura 5) y CAST (Stamatopoulos y Caddy, 1989) (Figura 6) en base a longitudes observadas y retrocalculadas, variaron entre 153 mm y 183 mm para L_{∞} , y entre 0.17 y 0.24/año para K (Tabla 3). Como consecuencia, los valores de la tasa decrecimiento (w) y ϕ' presentaron una alta similitud, variando entre 31 y 37, y entre 3.73 y 3.75, respectivamente (Tabla 3).

DISCUSION

A través del análisis de incremento marginal mensual se identificaron dos bandas hialinas de crecimiento lento, una en primavera y otra en invierno, con un mínimo incremento en abril y diciembre respectivamente. Esto podría atribuirse a la ocurrencia anual de dos períodos de reproducción y posterior reclutamiento, distanciados 6 meses entre sí. Al respecto, Mexicano (1989) reporta para la misma zona de estudio que la sardina escamuda presenta una marcada actividad reproductiva en los meses de octubre y abril, meses en los que se registró una mayor proporción de organismos maduros y en proceso de maduración. Martínez y Houde (1975) también señalan dos períodos de reproducción septiembre y abril, en costas de la Florida (USA).

El anillo hialino observado en abril se formaría en concordancia con la máxima actividad reproductiva del segundo período de reproducción de *H. jaguana*. En éste se produce una movilización de calcio hacia las gónadas que se refleja en la composición de las estructuras duras, especialmente los otolitos (Claro y García, 1987).

Las variaciones intranuales estacionales en el crecimiento, observadas con base en la formación de anillos en la sardina escamuda, podrían relacionarse a fluctuaciones en la temperatura. Saksena *et al.* (1972) para *H. pensacolatae*, conocida igualmente como sardina escamuda, mostraron incrementos medios de crecimiento que oscilaron de 0.056 mm/día a 21-23°C hasta un máximo de 1.035 mm/día a 32°C. La ocurrencia de temperaturas mínimas en invierno, cercanas a 21°C (Herrera, 1991), sería la causa de la formación del anillo hialino (diciembre). Sin embargo dada la cercanía del período reproductivo (octubre) de *H. jaguana*, no debe descartarse la posibilidad de que influya en la formación de dicho anillo.

En base a lo expresado anteriormente, el segundo anillo hialino se formaría en diciembre debido a una marcada disminución de temperatura y posible incidencia del período de reproducción, mientras que el primer anillo, formado en abril, obedecería netamente a factores reproductivos.

Martínez y Houde (1975) determinaron un mínimo incremento marginal de febrero a junio, sugiriendo cierta variación temporal en la formación del anillo de *H. jaguana*. En este trabajo, el análisis del incremento marginal mostró que la formación del anillo se produce así mismo en primavera, aunque en un período

más estrecho que el anterior (*e.j.* entre marzo y mayo, ver Figura 3), con el porcentaje más alto en abril.

Si bien no se completó el ciclo anual, la tendencia en el análisis de incremento marginal y la similitud con los resultados obtenidos para la población de sardina de la costa de Florida (E.E.U.U.), sugeriría una correcta determinación de la periodicidad de formación de las marcas anulares.

Los parámetros de crecimiento, tanto para longitudes observadas como retrocalculadas, mostraron una marcada similitud reflejada a través de los índices de crecimiento w y ϕ' , lo cual otorgó una mayor consistencia a tales estimaciones. Dicha tendencia muestra la utilidad de w y ϕ' a efectos comparativos intra o interespecíficos, dada su capacidad de minimización de las variaciones existentes en los parámetros básicos de crecimiento (Gulland, 1983; Sparre *et al.*, 1989; Vakily, 1990). Los valores de los parámetros de crecimiento obtenidos en este trabajo coincidieron con aquellos determinados por Leonce-Valencia (1989) en base a métodos indirectos (frecuencias de longitud) tales como el Programa ELEFAN 1 ($L = 231$ mm y $K = 0.21/\text{año}$). En dicho trabajo el ritmo de crecimiento fue descrito por un modelo estacional, con importantes oscilaciones intra-anales en el crecimiento. El crecimiento mínimo se registró en el mes de abril, sin embargo la formación del anillo en abril no sería por causas ambientales sino reproductivos, coincidiendo con la formación del anillo anual principal de crecimiento observado en este trabajo a través del seguimiento del incremento marginal de otolitos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de un proyecto para el Manejo de Pesquerías Tropicales patrocinado por la SPP-SEP-COSNET, como Proyecto Estratégico N° 6. A Omar Defeo por las valiosas sugerencias brindadas y revisión crítica del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Bagenal, T. y F. Tesch (1978). Age and Growth. In: T. Bagenal (ed.). *Methods for fish production in freshwater*, 3rd. Ed. Blackwell. Scientific Publications Oxford.
- Beamish R.J. y G.A. McFarlane (1983). The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Trans. Am. Fish. Soc.* **112**(6): 735-743.
- Bertalanffy, L. von (1938). A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.* **10**: 181-213.
- Breder, C.M., Jr. (1948). Field book of marine fishes of the Atlantic Coast From Labrador to Texas. G.P.Putnams Sons, New York: 332 pp.
- Christmas, J.Y. (1973). Estuarine vertebrates, Mississippi, In J.Y. Christmas (ed.). *Cooperative Gulf of Mexico estuarine inventory and study*. Mississippi. Miss. Mar. Conser. Comm.: 320-439.

- Claro, R. y García, J. (1987). Congreso Nacional de Ciencias del Mar. Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de la Habana, Cuba. 50-55.
- FAO (1982). Métodos de recolección y análisis de datos de tallas y edad para la evaluación de poblaciones de peces. *FAO. Circ. Pesca.* (736): 101 pp.
- Gallucci, V.F., y T.J. Quinn. (1979). Reparameterizing, fitting and testing a simple growth model. *Trans. Am. Fish. Soc.* 108(1): 14-25.
- Graybeal, W. y U.W. Pooch. (1980). Simulation: principles and methods. Winthrop Publishers, Inc., Cambridge.
- Guitart, J.D. (1974). Sinopsis de los peces marinos de Cuba. *Academia de Ciencias de Cuba. Inst. de Oceanología. Cuba.* 1: 110 pp.
- Gulland, J.A. (1983). Fish stock assessment: a manual of basic methods. Chichester, U.K., Wiley Interscience. *FAO/Wiley series on food and agriculture*, 1:223 p.
- Gunter, G. (1945). Studies of marine fishes of Texas. Univ. Tex. *Publ. Inst. Mar. Sci.* 1:1-90.
- Herrera, S.J.A. (1991). Estudio Integral del ecosistema costero lagunar de Celestún, Yucatán. Informe técnico final. Convenio CONACYT-CINVESTAV. Rep: P22CCOR-892654.
- Houde, E.D. (1977). Abundance and potential yield of the scaled sardine, *Harengula jaguana* and aspects of its early life history in the eastern Gulf of Mexico. *Fish Bull.* 75: 613-628.
- Jearld, A. (1983). Age determination. In: L.A. Nielsen and D.L. Johnson (eds.), *Fisheries Techniques*. Am. Fish. Soc. 301-324.
- Leonce-Valencia C.O. (1989). Crecimiento de *Harengula jaguana* del área de Celestún en el estado de Yucatán. Tesis Lic. ENEP. Iztacala. México: 69 p.
- Martínez S. and E.D. Houde (1975). Fecundity, sexual maturation and spawning of scaled sardine (*Harengula jaguana* Poey). *Bull. Mar. Sci.* 25(1): 35-45.
- Mexicano, C.G. (1989). Aspectos reproductivos de los clupeidos *Harengula jaguana* y *Ophisthinema oglinum* de las costas de Celestún, Yucatán. CINVESTAV. Mérida, Yuc. México: 1-8.
- Olvera, R.M. y A. Cid del Prado. (1983). Identificación de larvas y juveniles de las familias Engraulidae y Clupeidae, de las pesquerías del Puerto de Celestún, Yucatán. *Ciencia Pesquera. México.* (4):1-125.
- Payne, J.A. (1982). Introduction to simulation. Programming techniques and methods of analysis. McGraw-Hill, New York.
- Pauly, D. (1983). Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. *FAO. Doc. Téc. Pesca.* (234):1-49.
- Pauly, D. and J.L. Munro. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2(1):21.

- Perry, W.G. and D.L. Boyes (1978). Menhaden and other coastal pelagic fishes. In: J.Y. Christmas (ed.), *Fishes resource assessment and monitoring*, Gulf Coast laboratory, Ocean Springs, Miss. Report PL 309. 169-206 p.
- Rivas, L.R. (1964). Genus *Harengula* Cuvier and Valenciennes, 1847. Sardines. In: H.B. Bigelow (ed.), *Fishes of the western north Atlantic. Mem. Sears found. Res. Yale. Univ.* 1(3): 386-396.
- Saksena, V.P., Ch. Steinmetz y E.D. Houde. (1972). Effects of temperature on growth of laboratory-reared larvae of the scaled sardine, *Harengula pensacolae* Good and Bean. Department of Biology. Muskingum college. New Concord. Ohio. pp. 691-695.
- Shannon, R.E. (1988). Simulación de sistemas. Diseño, desarrollo e implantación. Ed. Trillas. México.
- Sierra, L. y Díaz-Zaballa J. (1984). Alimentación de dos especies de sardina, *Harengula humeralis* (Cuvier, 1829) y *Harengula clupeola* (Cuvier, 1829), en la costa N de la Ciudad de la Habana (rada de Instituto de Oceanología). *Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba*: 1-18.
- Sparre, P.E., Ursin y S.C. Venema. (1989). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fish. Tech. Pap.* (306.1). Rome, FAO: 337 pp.
- Stamatopoulos, C. y Caddy, J.F. (1989). Estimation of von Bertalanffy growth parameters: a versatile linear regression approach. *J. Cons.int. Explor. Mer.* 45:200-208.
- Vakily, J.M. (1990). Determination and comparison of growth in bivalves with emphasis on the Tropics and Thailand Ph.D. Dissertation, Christian-Albrechts-Universitat, Germany: 116 pp.