

Método de estimación del número de individuos por edad a partir de frecuencias de longitud. Análisis de bondad en muestras de *Carito o Peto* (*Scomberomorus cavalla*) del Golfo de México

Carlos Enrique Zetina-Moguel; Gloria Verónica Ríos-Lara
Centro Regional de Investigación Pesquera de Yucalpetén. INP. Apdo. Postal #73, C.P. 97230,
Yucalpetén, Yuc. México.

Francisco Aguilar-Salazar
Centro Regional de Investigación de Puerto Morelos. INP.
Calle Matamoros No. 7, Col. Hidalgo. A.P. 580 C.P. 77500. Puerto Morelos, Q. Roó. México

ZETINA-MOGUEL. C.E. y G.V. Ríos L. F. Aguilar S. 1995. Método de estimación del número de individuos por edad a partir de frecuencias de longitud. Análisis de bondad en muestras de carito o peto (*Scomberomorus cavalla*) del Golfo de México. INP. SEMARNAP. México. *Ciencia Pesquera No. 11. (Nueva Época)*.

Se propone un nuevo método para calcular el número de individuos por edad, cuya prueba se aplicó en muestras de carito (*Scomberomorus cavalla*) tomadas en 1987 y 1988 en el Golfo de México, en las cuales se determinó la edad con base en la lectura de otolitos. En éstas se estudió la distribución de las longitudes por edad, se calculó una curva de crecimiento basada en el modelo de von Bertalanffy, procurando el mejor ajuste a las longitudes medias observadas. Con esta información se construyó una matriz de probabilidades (M) con la cual se estimó el número de individuos de cada edad (vector E) a partir de un vector de frecuencias de longitud (L). El método se sometió a prueba utilizando la frecuencia de longitudes de edades conocidas y, por último, se compararon las longitudes medias de las edades 1 a 5 entre 1987 y 1988.

La frecuencia de longitudes de las muestras tienen una distribución aproximadamente normal en las edades analizadas. Al comparar las estimaciones del número de individuos por edad con las observaciones de lecturas en otolitos se comprueba que el método permite buenas estimaciones. El método es mejor cuando se usan frecuencias de longitud en intervalos pequeños, porque entonces es menor la sobreposición de las longitudes por edad. La comparación de las longitudes medias de las edades 1 a 5 entre 1987 y 1988 muestra que no existen diferencias a un nivel de significancia del 5%.

A method for estimating individual number by ages is proposed. This method is applied for Carito (*Scomberomorus cavalla*) samples taken in the Gulf of Mexico in 1987 and 1988 in which age was determined by otolith ring counting. Distribution of age length of these samples is studied by the von Bertalanffy growth curve and the maximum fit to average observed length. Using this information a probability matrix M was built for estimating individual number by age (E vector) starting from a length frequency vector (L). The method was tested using length samples with a known size/age frequency. Finally, average length by age 1 to 5 for 1987 and 1988 were compared.

For the analyzed ages, samples length distributions are approximate normal. The good estimation of the method can be proved by comparing estimations of individual number by age to otolith observations. It is proposed that the method has a better performance when small length frequency intervals are used, due to smaller length to age overlapping. There is no indication of difference to a 5% significance level when comparing 1987 and 1988 average lengths of ages 1 to 5.

Introducción

En los estudios pesqueros la estructura de edades de las poblaciones de peces se obtienen con base en muestras. Comúnmente se estima la longitud media a cada edad, de manera implícita o explícita se propone una distribución de tallas de cada edad, y se desagregan las frecuencias de

longitud en su correspondiente número de individuos por edad. La determinación correcta del número de individuos por edad tiene serias repercusiones en la evaluación de la población (Powers, 1983).

En el caso del carito (*Scomberomorus cavalla*) del Golfo de México, la estimación del número de individuos por edad tiene gran importancia tanto para la evaluación

poblacional como para definir unidades de población mediante la comparación de estructuras de edades en las capturas obtenidas en diferentes localidades del Golfo de México.

El hecho de que la reproducción en el carito ocurra durante un período prolongado y que existan varios desoves por hembra (Berrien y Finan, 1977) hace poco adecuados los métodos de estudio de edad y crecimiento basados en frecuencia de tallas, dificulta los estudios de otolitos y puede conducir a gran variabilidad en los resultados.

En este trabajo se presenta un método para estimar el número de individuos por edad en carito, el cual supone que la longitud de los peces tiene una distribución probabilística con respecto a la edad, de manera que se puede estimar la longitud media a cada edad y la varianza asociada a esa media. Conocida la distribución de las longitudes en cada edad, la media y la varianza, se puede construir una matriz de probabilidades de la longitud con respecto a la edad que permita estimar el número de individuos por edad a partir de frecuencias de longitud.

Antecedentes

La información de la estructura de edades de las poblaciones de peces sometidas a explotación es de gran importancia para su evaluación. Puede usarse para calcular la tasa instantánea de mortalidad total y también en análisis de población virtual y de cohortes (Ricker, 1975; Pope, 1972; Jones, 1981).

En los estudios sobre la edad y el crecimiento del carito en el Golfo de México se han utilizado métodos basados en la lectura de anillos en otolitos (Johnson, 1983; Sturm y Salter *-ms-*; Manooch, 1987; Grimes *et al.*, 1987; DeVries *et al.*¹; DeVries *et al.*²; Cabrera-Vázquez, 1987; Collins *et al.*, 1988) y otros métodos basados en el análisis de frecuencias de tallas (Vasconcelos *et al.*, 1986; Cabrera-Vázquez, 1986; Cabrera-Vázquez y Arreguín-Sánchez, 1987; Aguilar-Salazar *et al.*, 1990).

Material y métodos

La distribución de la longitud con respecto a la edad se estudió utilizando información proveniente de la lectura de otolitos en hembras de carito hecha por DeVries *et al.*², y se aplicó la prueba de bondad de ajuste a χ^2 (xi cuadrada) y Kolmogorov-Smirnov. Se estimaron la media y la varianza de la longitud con respecto a la edad.

¹ DeVries, D.A.; K.L. Lang; and C.B. Grimes. 1988. Ageing of king mackerel *Scomberomorus cavalla*, from the U.S. South Atlantic and Gulf of Mexico, 1987. (Unpublished report). NOAA-NMFS-SEFC Panama City Laboratory. 22p.

² DeVries D.A., K. Times and C.B. Grimes, 1988. Ageing of king mackeret *Scomberomorus cavalla*, from the U.S. South Atlantic and Gulf of Mexico, 1988. (Unpublished report). NOAA-NMFS-SEFC Panama City Laboratory. 16 p.

Se calcularon los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy para utilizarlos en el ajuste de la talla media a cada edad, estableciendo una longitud asintótica L_∞ y linearizando la ecuación. Se utilizaron diferentes magnitudes de t_0 para obtener estimaciones de K por mínimos cuadrados hasta lograr la mejor, la de menor desviación estándar. De este modo se obtuvieron los valores de t_0 y K que permitieron el mejor ajuste entre valores observados y estimados de la longitud media a cada edad.

Se ajustaron las longitudes medias a cada edad al modelo de crecimiento de Von Bertalanffy y su varianza se ajustó a las edades por mínimos cuadrados (la varianza de las longitudes medias se incrementa de acuerdo con la edad).

Conocida la frecuencia de longitudes con respecto a la edad, así como la media (ajustada) y la varianza (ajustada), se construyó una matriz de probabilidades $M(i,j)$ en la que en cada celda se tiene la probabilidad de que un individuo del intervalo de longitudes i (renglones) pertenezca a la edad j (columnas). Si para cada renglón la suma de las probabilidades es 1 (se divide cada elemento del renglón entre la suma de los elementos de ese renglón), entonces:

$$M^t L = E \dots\dots\dots (Zetina, 1990)$$

Donde: M^t = Transpuesta de la matriz de probabilidades
 L = Un vector de longitudes
 E = Vector de edades resultantes.

El estimador se probó utilizando información obtenida por Grimes *et al.* (1987) y DeVries *et al.*², sobre edades estimadas por otolitos y frecuencia de longitudes en intervalos de 5 cm.

El uso de este método en muestras de varios años requiere que el crecimiento en longitud de los peces, o la longitud media a cada edad, no cambie de una manera sustancial, de modo que se probó si existía o no diferencia entre las longitudes medias de las edades 1 a 5 en muestras de hembras de carito de diversas localidades del Golfo de México tomadas en 1987 y 1988 y las proporcionadas por Grimes *et al.* (1987) y DeVries *et al.*². La comparación entre las longitudes medias de cada edad se hizo utilizando la prueba de t de Student para dos muestras con $\alpha = 0.05$.

Resultados

La información proporcionada por Grimes *et al.* (*op. cit.*) y DeVries *et al.*² muestra que, al menos en las edades 1 a 7, las longitudes tienen una distribución aproximadamente normal.

Al calcular los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy se fijó L_∞ en 1425 mm. En estas condiciones

la mejor estimación de K es 0.18 y la de t_0 de -0.2. En la Figura 1 se muestran las longitudes medias observadas (DeVries *et al.*) y las estimadas con los valores de L_∞ , K y t_0 antes mencionados.

La Tabla 1 muestra el número de individuos observados en las edades 1 a 7 según Grimes *et al.* y DeVries *et al.*, ya citados, y las estimadas por el método propuesto en este trabajo. Esta información se basó en la lectura de anillos en otolitos de hembras de carito tomadas en 1987 y 1988. Las Figuras 2, 3 y 4 muestran gráficamente las frecuencias de edades observadas y las estimadas.

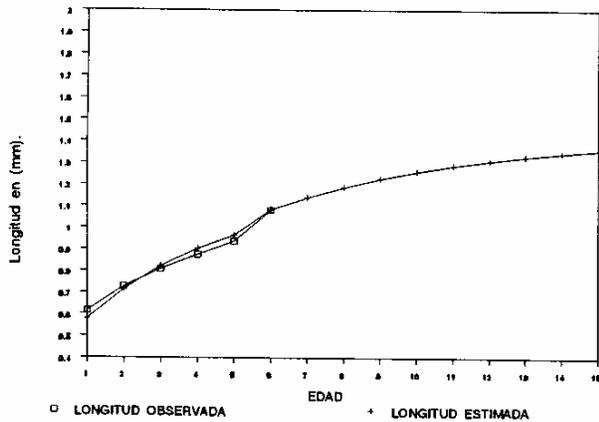


Fig. 1. Longitudes medias observadas en hembras de carito (*Scomberomorus cavalla*) en edades 1 a 6 y curva de crecimiento estimada de acuerdo con la ecuación de von Bertalanffy.

Tabla 1. Número de individuos por edad observados (NIO) y estimados (NIE) en muestras del Golfo de México tomadas en 1987 y 1988 (Grimes *et al.*, 1987; DeVries *et al.*).

Edad	OESTE DEL GOLFO DE MEXICO				TODO EL GOLFO	
	1987		1988		1988	
	NIO	NIE	NIO	NIE	NIO	NIE
1	65	51	22	21	50	49
2	64	36	42	44	113	95
3	31	32	58	46	88	79
4	41	26	43	34	59	58
5	21	22	26	28	31	49
6	8	14	14	19	52	35
7	8	11	14	15	31	29
8	10	9	2	13	4	26
9	5	9	11	12	24	24
10	2	10	14	14	20	28

La comparación de tallas medias de los peces en las edades 1 a 5 de 1987 y 1988 muestra que en ninguno de

los casos hay motivo para rechazar la hipótesis nula de igualdad entre las medias. La Tabla 2 presenta las tallas medias y la desviación estándar de las hembras de carito en las edades 1 a 5 y los años 1987 y 1988.

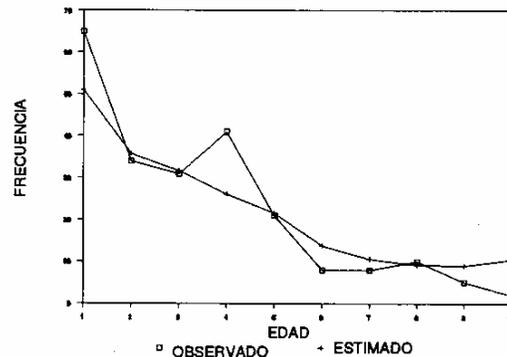


Fig. 2. Frecuencia de edades de carito (*Scomberomorus cavalla*) observada en 1987 en el Golfo de México mediante la lectura de otolitos (Grimes *et al.*, 1987) y frecuencia de edades estimada usando la matriz de probabilidades propuestas en este estudio.

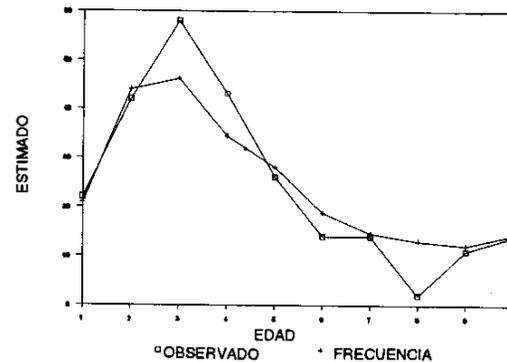


Fig. 3. Frecuencia de edades de carito (*Scomberomorus cavalla*) observada en 1988 en el Golfo de México mediante la lectura de otolitos (DeVries *et al.*, 1988) y frecuencia de edades estimada usando la matriz de probabilidades propuesta en este estudio.

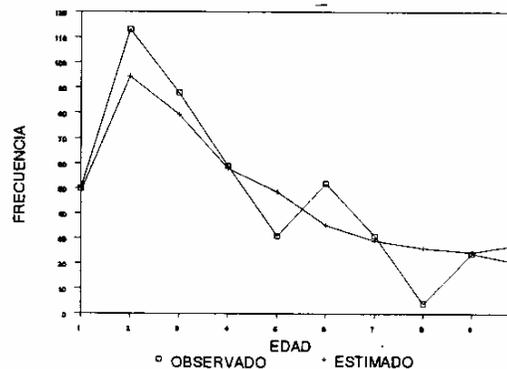


Fig. 4. Frecuencia de edades de carito (*Scomberomorus cavalla*) observada en 1988 en el Golfo de México mediante la lectura de otolitos (DeVries *et al.*, 1988) y frecuencia de edades estimada usando la matriz de probabilidades propuesta en este estudio.

Tabla 2. Longitudes medias (LM) en milímetros y desviación estándar en las edades 1 a 5 de hembras de carito del Golfo de México en 1987 y 1988 (Grimes *et al.*, 1987; DeVries *et al.*).

Edad	1987		1988	
	LM	DS	LM	DS
1	602	71	605	56
2	761	110	728	74
3	808	131	807	71
4	870	89	875	110
5	951	99	937	143

Discusión

Al estudiar la distribución de la longitud en relación con la edad sólo fue posible analizar las edades en que había suficientes observaciones, y todo parece indicar que las tallas de las hembras de carito de una edad tienen una distribución aproximadamente normal en casi todas las edades. Sin embargo, en la edad menor (0) puede esperarse una distribución ligeramente sesgada hacia la izquierda, pero en este trabajo no se usó esa edad.

El método de cálculo del número de individuos por edad no da estimaciones exactas, lo cual se explica por el intervalo de clase utilizado al agrupar los datos de longitud. Mientras mayor sea el intervalo habrá más sobreposición entre las edades y el estimador distribuirá los individuos entre un mayor número de edades. El método funciona mejor si las frecuencias de longitud se agrupan en intervalos menores (Zetina y Ríos, 1990).

El método propuesto en este trabajo permite obtener buenos cálculos, aun cuando al momento de construir la matriz M se usen estimaciones sesgadas de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy. El parámetro que menos afecta es t_0 (Zetina, 1990). Y uno de los aspectos más importantes al usar este método es que no exista una variación muy marcada en las longitudes medias de cada edad en el período en que se usa el mismo estimador (matriz M).

La comparación de las longitudes medias de las edades 1 a 5 entre 1987 y 1988 muestra que la longitud media por edad no es diferente en los dos años analizados. En realidad, en un lapso corto se puede esperar poca variación en el crecimiento de los individuos de una población, aunque en distintas muestras se obtengan estimaciones aparentemente diferentes.

Conclusiones

1. Las longitudes de las hembras de carito se distribuyen de una manera aproximadamente normal dentro de cada edad, lo cual facilita la construcción de un estimador del

número de individuos por edad basado en estimaciones de la longitud media y la varianza a cada edad.

2. El estimador del número de individuos por edad propuesto en este trabajo permite buenas estimaciones del número de individuos por edad; sin embargo, las estimaciones se pueden mejorar utilizando intervalos menores en las frecuencias de longitud.
3. Las longitudes medias de las hembras de carito del Golfo de México en edades de 1 a 5 son estadísticamente iguales en 1987 y 1988.

Recomendaciones

1. Realizar los estudios de crecimiento en carito utilizando intervalos de longitud pequeños (10 o 20 mm). En estas condiciones es recomendable el uso del estimador propuesto en este trabajo.
2. Se debe profundizar en el estudio de los estimadores utilizados en análisis pesqueros, tanto para mejorar la precisión de las estimaciones como para abaratar costos.

Referencias bibliográficas

- AGUILAR-SALAZAR, F.; S. Salas-Márquez, M.A. Cabrera-Vázquez; J. de D. Martínez-Aguilar. 1990. Crecimiento y mortalidad del carito *S. cavalla* en la costa norte de la península de Yucatán. *Serie Documentos de Trabajo No 13. I.N.P. México.*
- BERRIEN, P. and D. Finan, 1977. Biological and fisheries data on king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, Cuvier. *NOAA Tech. Ser. Report. 8.*
- CABRERA-VÁZQUEZ, M.A. 1986. Contribución al conocimiento de la pesquería de carito (*Scomberomorus cavalla* Cuvier, 1829) en la península de Yucatán. *Tesis. Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala. Univ. Nat. Autón. México. 57 p.* (17 tablas y 12 figuras).
- CABRERA-VÁZQUEZ, M.A. y F. Arreguín-Sánchez, 1987. Dinámica de la pesquería de carito. (*Scomberomorus cavalla* Cuvier, 1829) en la costa norte de la península de Yucatán. *Congr. Cienc. Mar. Cub.* (En prensa).
- COLLINS, R.M.; D.J. Schmidt; C.W. Waltz; and J.L. Pickney. 1988. Age and growth of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the Atlantic coast of the United States. *Fish. Bull.* 87:49-61.
- GRIMES, C.B.; V.M. Pettigrew; S.P. Naughton; and J.H. Finucane. 1987. Ageing of king mackerel *Scomberomorus cavalla* from the U. S. South Atlantic and Gulf of Mexico. *NOAA-NMFS-SEFC Panama City Laboratory Report.* (11 p. and 16 tables).
- JOHNSON, A.G.; W.A. Fable Jr.; M.L. Williams; and L.E. Barger. 1983. Age, growth and mortality of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the southeastern United States. *Fish. Bull.* 81(1):97-106.
- JONES, R. 1981. Assessing the effects of changes in exploited pattern using length composition data. *FAO. Fish. Tech. Par.* 256: 118 p.

- MANOOCH, C.S. III; S.P. Naughton; C.B. Grimes. and L. Trent. 1987. Age and growth of king mackerel, *Scomberomorus cavalla* from the U.S. Gulf of Mexico. *Mar. Fish. Rev.*, 49(2):102-108.
- POPE, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF. Res. Bull.* 9:65-74.
- POWERS, J.E. 1983. Some statistical characteristics of ageing data and their ramifications in populations analysis of oceanic pelagic fishes. U.S. Dep. Commer., *NOAA Tech. Rep. NMFS* 8:19-24.
- RICKER, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Dep. Env. Fish. Mar. Serv. Bull. Fish. Res. Board, Canada* (191).
- STURM, M.G. de L., and P. Salter. (m.s.). Age, growth and reproduction of the king mackerel, *Scomberomorus cavalla* Cuvier, in Trinidad. (Submitted to Fish. Bull).
- VASCONCELOS, J.; C. Díaz; L. Shultz R.; A. Iglesias; K. Smith; P. Castañeda; F. Aguilar y A. Sánchez. 1986. Informe técnico del grupo de peces pelágicos costeros. IX *Reunión Mex-US Golfo*. 17-19 Nov. Mérida, Yuc., México. 19 p.
- ZETINA, M.C. 1990. Estudio de la mortalidad de mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche. *Tesis de Maestría. CINVESTAV*, Mérida, Yucatán. México.
- ZETINA, M.C. y G.V. Ríos L. 1990. Análisis de tres estimadores de la tasa instantánea de mortalidad total. *Séptimo Simposio Científico y Sextas Jornadas de Tecnología y Economía Pesquera. Mar del Plata, Argentina. Del 3 al 7 de Diciembre de 1990.* (En prensa)