

# ESTIMACION DE LA VARIABILIDAD EN LOS PARAMETROS DE CRECIMIENTO DE *Lutjanus campechanus* DEL GOLFO DE MEXICO

CLAUDIA LEONCE-VALENCIA AND OMAR DEFELO  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad  
Mérida. A.P. 73 Cordemex, 97310 Mérida, Yucatán, México.

## RESUMEN

En peces tropicales es común observar una marcada sobreposición de clases de edad, como resultado de períodos de desove y reclutamiento durante casi todo el año. Esto dificulta la identificación de anillos de crecimiento, o bien la progresión de clases modales a fin de estimar la edad y el crecimiento. Debido a esto, una aproximación correcta consiste en utilizar la mayor cantidad posible de técnicas independientes. En este trabajo se estimó el crecimiento del huachinango *Lutjanus campechanus* del Golfo de México en base a frecuencia de tallas (métodos indirectos) y a la interpretación de anillos de crecimiento (método directo). Se cuantificó la variabilidad de los estimadores en base al uso de las técnicas de remuestreo bootstrap y jackknife. El primero fue aplicado a longitudes observadas y retrocalculadas por edad generadas de la lectura de anillos de crecimiento, y el segundo fue utilizado conjuntamente con los métodos ELEFAN, SLCA y PROJMAT. Los intervalos que englobaron el 95% de la distribución bootstrap de los parámetros de crecimiento fueron  $L_4 = 78-133$  cm y  $K = 0.06-0.28/a$  para longitudes retrocalculadas y  $L_4 = 86-173$  cm;  $K = 0.05-0.24/a$  para observadas. La aplicación de todos indirectos junto con jackknife mostró resultados disímiles: el ELEFAN y el PROJMAT sobreestimaron  $L_4$  con respecto a los valores reportados en la literatura y aquellos obtenidos por métodos directos, mientras que el SLCA aportó valores dentro del rango observado de parámetros. Los intervalos del índice comparativo de crecimiento coincidieron con los observados para diferentes regiones geográficas (entre 2.92 y 3.19), excepto para ELEFAN y PROJMAT.

Palabras clave: bootstrap, crecimiento, Golfo de México, jackknife, *Lutjanus campechanus*

## ABSTRACT

Identification and analysis of growth rings in tropical fishes is somewhat difficult because of overlapping of age classes due to all year around spawning and recruitment. In this work the growth of huachinango *Lutjanus campechanus* of the Gulf of Mexico is estimated on the basis of size frequencies (indirect method) and

## **Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

the interpretation of growth rings (direct method). The variability of parameters was quantified applying bootstrap and jackknife techniques. The former was applied to observed and backcalculated lengths by age determined from growth rings, and the second was used jointly with ELEFAN, SLCA and PROJMAT techniques. The 95% of bootstrap distribution of the parameters was within  $L_4=78-133$  cm and  $K=0.06-0.28/\text{year}$  for backcalculated lengths and  $L_4=86-173$  cm,  $K=0.05-0.24/\text{year}$  for observed ones. The application of indirect methods with jackknife showed different results: ELEFAN and PROJMAT overestimated  $L_\infty$  while SLCA coincided with the values reported in the existing literature for direct methods. Values for the comparative growth index  $\lambda$  agreed with the observed ones for different geographic regions (between 2.92 and 3.19), except for ELEFAN and PROJMAT.

Key words: bootstrap, growth, Gulf of Mexico, jackknife, *Lutjanus campechanus*

### INTRODUCCION

La determinación de la edad y el crecimiento en recursos pesqueros es esencial para determinar aspectos claves de su dinámica poblacional. Los resultados derivados de dicha estimación son entradas imprescindibles a los modelos determinísticos o estocásticos tendientes a determinar los cambios en la población causados por diferentes niveles de explotación (Morales-Nin, 1992).

En peces tropicales, se ha observado frecuentemente un período de desove más extenso que en organismos de zonas templadas (Lowe-McConell, 1987) y por lo tanto el reclutamiento de individuos a la población no está restringido a una época especial, sino que puede ocurrir durante casi todo el año. Esto determina una sobreposición de clases modales que dificulta su progresión en el tiempo y por consiguiente la obtención de parámetros de crecimiento. Asimismo, el análisis basado en muestras de desembarques presenta muchas veces un problema de representatividad debido a la selectividad del arte hacia determinadas tallas; la ausencia de los individuos más pequeños de la población, donde frecuentemente se observan con mayor nitidez los patrones de crecimiento, causa sesgos en las estimaciones (Mathews, 1974, Morgan, 1983).

Los conceptos anteriores resaltan la dificultad existente en la diferenciación de anillos verdaderos o falsos, o bien en la identificación y progresión de clases modales a través del tiempo que permitan estimar la intensidad de crecimiento en peces tropicales. Ello repercute no solamente en una correcta estimación de los parámetros poblacionales, sino también en un fuerte componente de variabilidad en dichas estimaciones, asociado a perturbaciones ambientales aleatorias, a sesgos derivados de la calidad y la fuente de obtención de los datos.

## Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute

Para determinar la precisión de los estimadores correspondientes a los distintos métodos empleados, es necesario cuantificar:

- (1) el efecto de variaciones aleatorias en los datos de entrada;
- (2) el valor relativo de las diferentes muestras que componen un grupo de datos; y
- (3) la magnitud de la variabilidad asociada a la estimación de los valores medios de los parámetros de crecimiento (Gulland & Rosenberg, 1992; Defeo et al., 1992).

La comparación de los resultados obtenidos a través de tasas o parámetros relativos de crecimiento (Vakily, 1990), conjuntamente con su confrontación con otras estimaciones reportadas en la literatura, surgen así mismo como aproximaciones válidas para evaluar la certidumbre y precisión de las estimaciones de crecimiento en recursos tropicales.

En el Banco de Campeche (Golfo de México), el huachinango *Lutjanus campechanus* es una especie tropical de importancia comercial. Los estudios realizados en el área sobre esta especie son pocos y de naturaleza preliminar; por ejemplo, no se han reportado estudios de crecimiento basados en la lectura de anillos en otolitos ni en la composición por tallas de las capturas, a excepción de la aplicación del Programa ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis; Gayanilo et al., 1988) por González (1988). Tampoco se han determinado niveles de variabilidad de los parámetros de crecimiento con respecto a la tendencia central. Por tanto, el objetivo principal del presente trabajo consistió en: (a) estimar los parámetros de crecimiento de *L. campechanus* en base al uso de métodos directos (lectura de otolitos) e indirectos (ELEFAN, PROJMAT y SLCA); (b) estimar la variabilidad de dichos parámetros, así como la influencia de cada una de las muestras que componen el grupo de datos en dichas estimaciones; y (c) comparar las estimaciones obtenidas por métodos directos e indirectos a través del índice de crecimiento estándar  $\bar{\phi}'$ , así como con aquellos previamente reportados en la literatura.

### MATERIALES Y METODOS

Se llevó a cabo un muestreo mensual de la composición de la captura en los Puertos de Progreso y Yucalpetén (Yucatán, México), entre noviembre 1989 y octubre 1990. La muestra del mes de diciembre de 1989 no fue obtenida debido a las adversas condiciones ambientales que impidieron a los pescadores salir de pesca. A cada pez le fueron extraídos el par de otolitos sagita a través del opérculo y se le midió la longitud furcal del pez en cm con precisión de 1 mm.

## Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute

Se utilizó el otolito izquierdo para la lectura de anillos de crecimiento, los cuales fueron incluidos en 'pegamento para madera' y cortados por un motor de baja velocidad (ISOMET). Se obtuvieron tres secciones para cada otolito y fueron pegados en un portaobjetos. La medición de anillos fue hecha con un ocular micrométrico bajo microscopio estereoscópico, se tomó la distancia desde el núcleo o foco al borde del otolito (S) y del foco a cada uno de los anillos (Sn). Los cortes fueron le'dos tres veces por diferentes personas.

Se realizó una regresión de la longitud furcal de los organismos contra el radio del otolito, utilizándose la siguiente ecuación lineal:

$$LF = a + br \quad (1)$$

donde: LF es la longitud furcal del pez; r es el radio del otolito; a es la longitud del pez cuando se forma el otolito; y b es la pendiente de la recta. El valor de 'a' fue sustituido en la ecuación de Lea (1978; en Bagenal y Tesch, 1978) para obtener las longitudes retrocalculadas mediante la ecuación:

$$L_n - a = S_n / S (L - a) \quad (2)$$

donde:  $L_n$  es la longitud del pez al formarse el anillo n; L es la longitud del pez al ser capturado;  $S_n$  es el radio del anillo n; S es el radio total del otolito; y a es la ordenada al origen de la ecuación (1).

Los parámetros L4 y K de dicha ecuación fueron estimados en base al método de Ford-Walford (Pauly, 1983) mientras que tose determinó mediante la forma linealizada de la ECVB (Sparre et al., 1989). Se empleó la clave largo-edad, determinada tanto por lectura directa de anillos como por retrocálculo.

Los valores de longitudes furcales fueron transformados a longitudes totales por medio de la regresión lineal generada a partir de 237 organismos, que dió lugar a la ecuación siguiente:

$$LT = 1.0029 + 1.0319LF \quad (3)$$

siendo  $r = 0.99$ ;  $p < 0.01$ . Con esta transformación se obtuvo un valor para el análisis comparativo de los resultados obtenidos en otros trabajos sobre la misma especie.

Se analizaron frecuencias de LF (cm) con precisión de 1 mm, provenientes de muestreos mensuales aleatorios de la captura comercial de la flota mayor de los Puertos de Yucalpetén y Progreso, Yucatán, para la temporada 1992. Las frecuencias de longitud fueron reagrupadas en intervalos de 2 cm, y se utilizaron tres métodos indirectos: ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis; Gayanilo et al., 1988); PROJMAT (Projection Matrix Method; Shepherd, 1987b; Rosenberg et al., 1986) y SLCA (Shepherd's Length Composition Analysis; Shepherd, 1987a; Gayanilo et al., 1993).

## Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute

Se aplicó el método bootstrap (Efron, 1982) a la clave largo-edad reordenada según el método de Ford-Walford, tanto para longitudes observadas como retrocalculadas. Fueron generadas 300 recombinaciones aleatorias de los pares de datos, y se determinaron diferentes valores de los parámetros L4, K, to y  $\dot{\phantom{t}}$ . Los intervalos de confianza al 95% de dichos parámetros de crecimiento fueron obtenidos con base en la mediana y a los percentiles 2.5% y 97.5% derivados de las 300 simulaciones. Para construir los intervalos de confianza se utilizó la mediana y la teoría de percentiles a fin de evitar sesgos en la estimación de la tendencia central provenientes de distribuciones asimétricas de los parámetros.

Se aplicó la técnica jackknife (Levi et al., 1987) a fin de conocer la influencia de cada muestra en la estimación de los parámetros de crecimiento obtenidos de métodos indirectos. A tales efectos se retiró secuencialmente y con reemplazo una muestra mensual del grupo de 12 muestras, para así obtener 12 diferentes combinaciones de parámetros de crecimiento. Se determinaron diferentes estimadores de precisión para los tres métodos, tales como error porcentual (EP) y coeficiente de variación (CV).

$$EP = (St - St_j) * 100 / St_j \quad (4)$$

El primero se obtuvo como: donde St es el valor del parámetro de crecimiento obtenido usando los 12 meses; y St<sub>j</sub> es el promedio del parámetro basado en los n 'pseudovalores' obtenidos del análisis jackknife (estimador jackknife). EP se define como óptimo cuando es igual a cero (St=St<sub>j</sub>).

El coeficiente de variación (CV) derivado de las estimaciones jackknife para cada parámetro de crecimiento se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$CV = ( (\% \cdot (St_{i-1} - St_j)^2 / n(n-1)) / St_j ) * 100 \quad (5)$$

donde St<sub>i-1</sub> es el valor del parámetro estimado menos una muestra diferente (11 meses); y n es el tamaño de la muestra (12).

Se utilizó el índice de crecimiento estándar  $\dot{\phantom{t}}$  (Pauly & Munro, 1984; Vakily, 1990), como un criterio para comparar diferentes estimaciones de la ECVB, descrito por:

$$\dot{\phantom{t}} = 2 \text{Log}_{10} (L4) + \text{Log}_{10} K \quad (6)$$

Se calculó  $\dot{\phantom{t}}$  para cada par de parámetros de crecimiento K y L4 estimado por los tres métodos indirectos y por el método directo. Asimismo se determinaron los valores de  $\dot{\phantom{t}}$  para cada combinación de parámetros de crecimiento estimados en

## Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute

base a la aplicación de los métodos bootstrap y jackknife en conjunción con los métodos directo e indirectos, respectivamente. Se realizaron comparaciones de los valores obtenidos con respecto a los diferentes valores de  $\bar{x}$  reportados en la literatura para la especie.

### RESULTADOS

#### Método directo

Se obtuvieron 551 pares de otolitos durante la temporada noviembre 1989 y octubre 1990, de los cuales el 82% fueron utilizados para la lectura de anillos de crecimiento, el resto de ellos fueron descartados debido a fracturas y/o por la dificultad en la interpretación de anillos de crecimiento. La relación entre el radio del otolito (R) y la longitud furcal (LF), fue expresada en base a una ecuación lineal altamente significativa ( $r = 0.82$ ;  $p < 0.01$ ;  $n = 452$ ) de la forma:  $LF = 8.64R - 157.96$ . Se estimó una talla mínima retrocalculada de 15 cm y una máxima de 76 cm, correspondientes a las edades I y XI respectivamente.

Los parámetros de crecimiento de *L. campechanus*, obtenidos por el método Ford-Walford (Pauly, 1983), a partir de las longitudes medias por observación directa y por retrocálculo, variaron entre 92 y 102 cm LT para L4, y entre 0.13 y 0.16/a-o para K (Tabla 1).

Los parámetros de crecimiento obtenidos por bootstrap a partir de longitudes medias observadas y retrocalculadas variaron entre 92 y 101 cm LT para L4 y entre 0.13 y 0.16/a-o para K (Tabla 2).

Los valores de los parámetros obtenidos por medio de longitudes observadas fueron mayores con respecto a aquellos obtenidos con longitudes retrocalculadas. El valor mediano de  $\bar{x}$  para ambas longitudes fue 3.13 y 3.14 para longitudes retrocalculadas y observadas respectivamente. No obstante el intervalo de confianza para estas últimas fue inferior.

Tabla 1. Parámetros de la ECVB para *L. campechanus* del Golfo de México (temporada noviembre 1989 - octubre 1990. L4 es expresada en función de la longitud total (LT) en cm.

Longitud media		
Parametros	Observada	Retrocalculada

**Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

K (1/año)	13	16
L4 (cm)	102	92
t <sub>0</sub> (anual)	-55	-14
∑	313	313

Las 300 simulaciones obtenidas por bootstrap, con longitudes observadas y retrocalculadas, mostraron una relación exponencial monotónicamente decreciente entre K y L4 (Figura 1). Asimismo mostraron una correlación positiva entre K y  $\hat{L}_4$  (Figura 2).

Tabla 2. *L. campechanus*. Estimación de parámetros de crecimiento en base al método bootstrap (Efron, 1982) aplicado a longitudes observadas y retrocalculadas, provenientes de la lectura de anillos de crecimiento en otolitos.

Longitud Mediana	observada 2.5%	(cm) LT		Longitud Mediana	retrocalculada 2.5%	(cm) LT 97.5%
		2.5%	97.5%			
a	12.32	7.76	18.38	13.24	8.17	19.14
b	0.88	0.79	0.95	0.86	0.75	0.94
L4	101.0	86	173	92	78.0	133.06
K	0.13	0.05	0.24	0.16	0.06	0.28
t <sub>0</sub>	-0.53	-1.89	0.47	-0.16	-1.24	0.98
∑	3.14	3.04	3.25	3.13	3.00	3.25

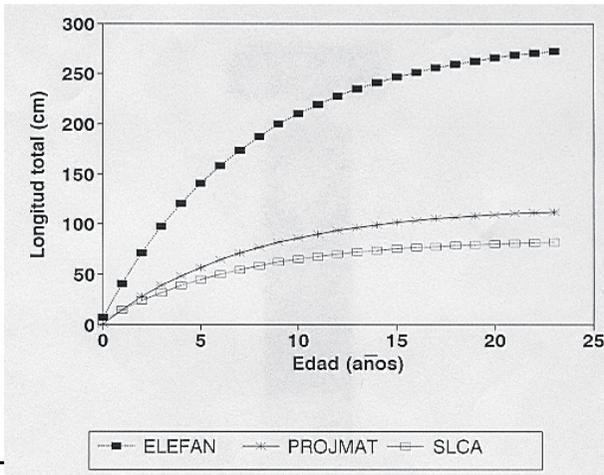
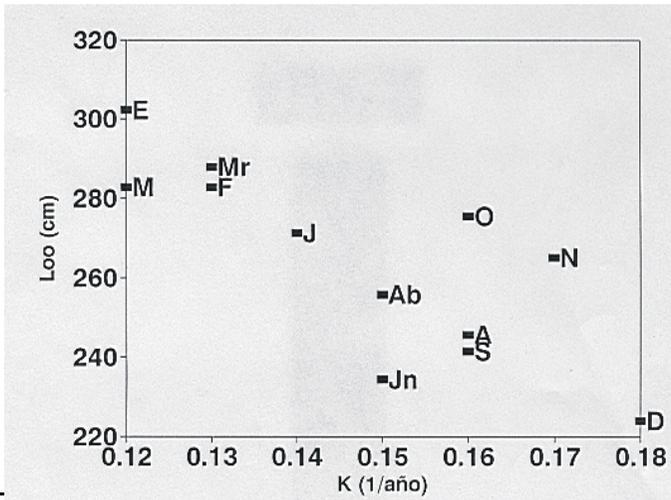


Figura 1.

L. campechanus. Correlación bivariada entre los valores de K y L4 generados en base a las 300 replicaciones de bootstrap (Efron, 1982) para longitudes (A) observadas y (B) retrocalculadas. Obsérvese la clara relación exponencial monótonicamente decreciente.

El método ELEFAN aportó múltiples picos que pudieran explicar la combinación óptima de L4 y K. La máxima bondad de ajuste se registró para L4 = 287 cm LT (277 cm LF) y K = 0.13/año. PROJMAT tampoco mostró una clara convergencia en la identificación de la combinación óptima de L4 y K. Los valores óptimos fueron de 118 cm LT y 0.13/año, con una suma de cuadrados mínima de 0.626. El análisis de superficie de respuesta para el método SLCA mostró estimaciones de L4, K y to de 85 cm LT, 0.14/año y -0.04 anual respectivamente.

Como resultado de lo anterior, la curva de crecimiento en longitud basada en las estimaciones del ELEFAN proporcionó valores de longitudes por edad mucho mayores que en los casos de PROJMAT y SLCA (Figura 1). Estos últimos brindaron estimaciones similares de K y L4, lo cual determinó curvas de crecimiento semejantes principalmente hasta la edad cuatro, observándose un incremento de la curva obtenida por el PROJMAT a partir de dicha edad.



Figura

2. *L. campechanus*. Correlación bivariada entre los valores de K y  $L_{oo}$  generados en base a las 300 replicaciones de bootstrap (Efron, 1982) para longitudes (A) observadas y (B) retrocalculadas.

El método PROJMAT presentó mayor variabilidad entre meses en los parámetros de crecimiento, con valores de K comprendidos en un rango de 0.03 a 0.13/año y L4 entre 109 y 259 cm LT. ELEFAN en conjunción con el jackknife variaron para K entre 0.12 y 0.18/año y para L4 de 234 a 302 cm LT. Finalmente, el método SLCA presentó menor variabilidad, con valores de K que oscilaron entre 0.13 y 0.16/año y de L4 entre 84 y 90 cm LT.

Se analizó la variabilidad entre los parámetros K y L4 obtenidos mensualmente para cada método, con el fin de conocer su comportamiento a lo largo del año. En el caso del ELEFAN se observó gran variabilidad de K y L4, con ambos parámetros mostrando correlación negativa (Figura 4). Los valores máximos de L4 se registraron entre los meses de enero y mayo (256 - 302 cm LT), los cuales se correspondieron con los valores de K más bajos (entre 0.12 y 0.15/año); los

Tabla 3. *L. campechanus*. Parámetros de crecimiento obtenidos

## **Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

por los métodos indirectos ELEFAN, SLCA y PROJMAT para la temporada 1992. Se incluyen los índices de bondad de ajuste en cada caso.

Parametros	Metodos indirectos		
	ELEFAN	PROJMAT	SLCA
K (1/año)	13	13	14
L4 (cm)	287	118	85
t <sub>0</sub> (anual)	-19	-4	-31
Bondad de ajuste	Rn= 0.18	SDC=0.62	Score =1

mínimos valores de L4 se obtuvieron entre agosto-diciembre (241 - 275 cm LT), correspondiéndose con valores de K altos (entre 0.16 y 0.18/año).

En el PROJMAT, las combinaciones de K y L4 obtenidas al omitir agosto y septiembre se diferenciaron de las restantes diez estimaciones (Figura 5).

El SLCA, al igual que el ELEFAN y PROJMAT, mostró una correlación negativa entre los parámetros K y L4, presentando mínimas variaciones entre las estimaciones mensuales: los valores de K y L4 se concentraron prácticamente en un solo grupo, entre un rango de 0.13 a 0.15/a-o para K y de 84 a 91 cm LT para L4. Las estimaciones obtenidas al omitir el mes de julio se apartaron levemente del grupo debido a la estimación de K superior del resto (0.16/a-o) (Figura 6).

Los estimadores de precisión para los métodos ELEFAN, PROJMAT y SLCA se muestran en la Tabla 4. Los mínimos valores del error porcentual (EP) y del coeficiente de variación (CV) de los parámetros de crecimiento fueron obtenidos con el SLCA. Los parámetros de crecimiento L4, K y t<sub>0</sub> presentaron valores de EP de 0.42%, 0% y 12.85% y CV de 0.55%, 1.38% y 11.17% respectivamente. Los mayores EP y CV fueron obtenidos con el método PROJMAT: EP de 19.58%, 39.28% y 92.11% y CV de 9.87, 9.98 y 15.40 para L4, K y t<sub>0</sub> respectivamente; sin embargo, el parámetro t<sub>0</sub> presentó mayor variabilidad (CV= 17.28) con el método ELEFAN.

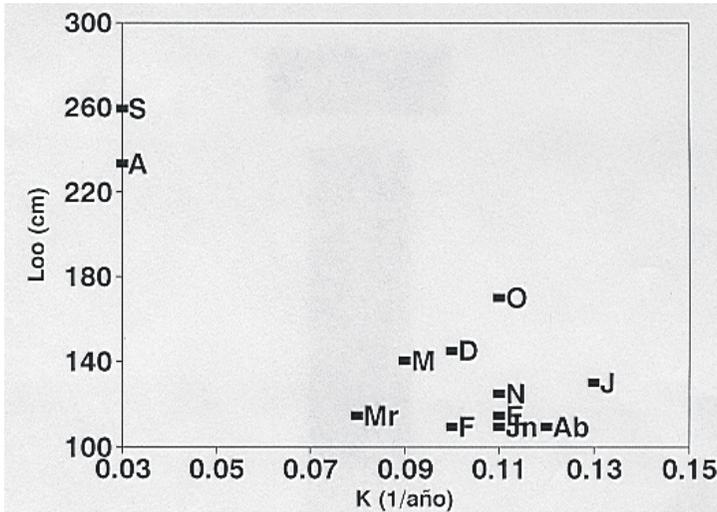
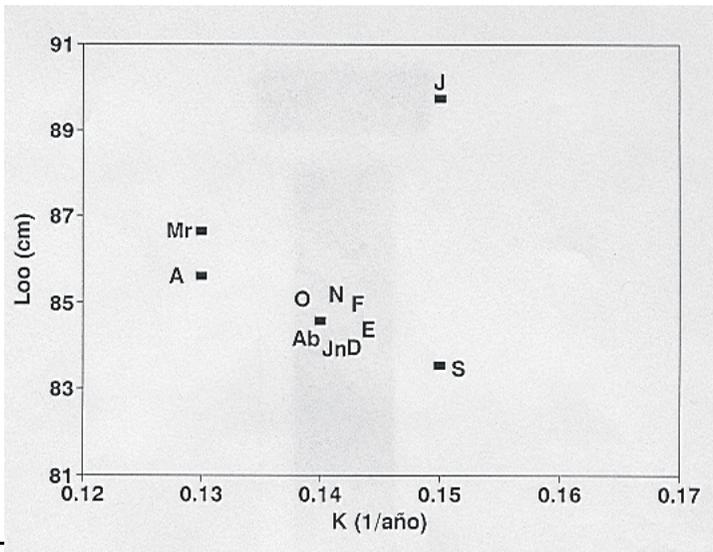


Figura 3. Curvas de crecimiento resultantes de la combinación óptima de parámetros de crecimiento obtenidos por los métodos indirectos ELEFAN, PROJMAT y SLCA, en base a la composición de frecuencias de *L. campechanus*.

**Análisis comparativo del crecimiento:**

ELEFAN presentó valores de  $\lambda$  superiores a los obtenidos por PROJMAT, SLCA y métodos directos, debido al valor elevado de  $L_4$ . Los valores de  $\lambda$  obtenidos en base al PROJMAT fueron algo mayores a los obtenidos por el SLCA y métodos directos, los cuales presentaron  $\lambda$  semejantes (3.00 a 3.14). ELEFAN mostró dos tendencias: al omitir el mes de julio se registró un valor mínimo de  $\lambda$  de 3.92, mientras que al omitir los meses de octubre y noviembre se presentaron valores máximos de  $\lambda$  (4.08); PROJMAT tendió a un comportamiento ascendente en el transcurso del año, registrándose el máximo valor (3.50) para el mes de octubre. En el caso del SLCA, se observó un valor casi constante de  $\lambda$  a lo largo del año (3.00), excepto en julio donde se obtuvo un pequeño incremento de  $\lambda$  con un valor de 3.08 (Figura 7).



Fig

ura 4. Correlación bivariada de parámetros de crecimiento para *L. campechanus* obtenidos por el método ELEFAN conjuntamente con la técnica jackknife. Las iniciales denotan la combinación de parámetros de crecimiento obtenidos al omitir el mes respectivo.

## DISCUSION

### Método directo

La lectura de anillos de crecimiento permitió conocer que la población de *L. campechanus* en el Banco de Campeche está formada por individuos de hasta 22 años. Sin embargo, al igual que lo sugerido por Nelson y Manooch (1982), no fueron incluidos los organismos más longevos (edades mayores a 12 años), debido a la fuerte sobreposición de los anillos de crecimiento a medida que aumentaba su longevidad.

La estimación de parámetros de crecimiento a través del método Ford-Walford (Pauly, 1983) mostró menor variabilidad al utilizar las longitudes retrocalculadas ( $K=0.16/\text{año}$ ;  $L_4=92$  cm) con respecto a las de observación directa ( $K=0.13/\text{año}$ ;  $L_4=102$  cm). Esto se explicaría por la posibilidad de la técnica de retrocálculo de determinar longitudes a edades poco representadas en las muestras

## **Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

(edad 1). Asimismo, tales estimaciones fueron semejantes en magnitud con las observadas en literatura (K entre 0.12-0.17/año y L4 entre 80- 97 cm).

La curva de crecimiento obtenida de la lectura de anillos en otolitos mostró un crecimiento acelerado de más del 50% de su longitud máxima en los primeros años de vida de *L. campechanus*, disminuyendo paulatinamente. Este incremento en longitud de los peces podría atribuirse a un proceso de adaptación evolutiva que le permite evadir la alta presión de depredadores, características de regiones tropicales (García, 1992).

La aplicación del método bootstrap permitió obtener un intervalo de confianza para las estimaciones de los valores de K y L4 obtenidos en base al método directo. La estimación de intervalos de confianza en base a la teoría de percentiles permitió eliminar posibles sesgos derivados de las estimaciones de intervalos de confianza cuando se asume distribución normal de las estimaciones. En consecuencia, los valores de los parámetros L4, K,  $t_0$  y  $\sigma$  fueron provistos de un intervalo de confianza dado por el 2.5% y 97.5% de la distribución de frecuencias de los estimadores, los cuales podrían ser utilizados como entradas a métodos analíticos o de cohortes a efectos de determinar diferentes estrategias de manejo del recurso.

### **Métodos indirectos**

Las estimaciones obtenidas por los tres métodos indirectos difirieron en forma marcada; estas diferencias pueden ser explicadas por la forma en la que operan los algoritmos de cada uno de ellos con respecto a la información analizada. El método ELEFAN solamente considera la longitud media de cada posible grupo de edad, sin utilizar la información sobre la forma de las distribuciones de edad identificadas en los datos de frecuencias de longitudes. En este caso, existen dos problemas: 1) su dependencia de la detección de picos y huecos, siendo sensible a la apariencia de modas discretas en los datos; y 2) la ocurrencia de reclutamientos múltiples durante un año, como sucede en muchas especies tropicales, incluyendo la estudiada, ocasionando la sobreposición de modas (Jones, 1990).

El método PROJMAT brindó estimaciones de L4 superiores a las reportadas en la literatura. Se ha demostrado que el método resulta particularmente útil cuando los valores anuales de K son superiores a 0.5 (Basson et al., 1988) debido a que permite proyectar en forma más adecuada la transición de la distribución de frecuencias de longitudes de  $t$  a  $t+1$ . Por el contrario, este método no provee estimaciones adecuadas de parámetros cuando las tasas de crecimiento son considerablemente bajas, tal como en el caso de *L. campechanus*. Dado que esta especie se caracteriza por su alta longevidad, tasa de crecimiento pequeña y por

## **Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

presentar un período de reproducción prolongado, la asignación de probabilidades en la matriz de transición se vería rodeada por un fuerte componente de variabilidad que restaría precisión a las estimaciones. Esto explicaría lo inadecuado de la aplicación del método para el caso de especies como el huachinango.

El método SLCA utiliza toda la información de la muestra y por tanto proporcionó las estimaciones de parámetros de crecimiento más confiables y con menor variabilidad en el tiempo, las cuales además se ubicaron en el rango de estimaciones previamente reportadas en la literatura.

La técnica jackknife permitió estimar la variabilidad que existe en la estimación de los parámetros de crecimiento al omitirse secuencialmente una muestra (mes), así como la incidencia diferencial de los meses en la estimación final de los parámetros. Su aplicación conjunta con el método ELEFAN mostró una sobrestimación del parámetro  $L_4$  en las 12 estimaciones, observándose valores de  $L_4$  por encima de los reportados en la literatura. Los meses de enero y marzo influyeron en mayor grado en la estimación global.

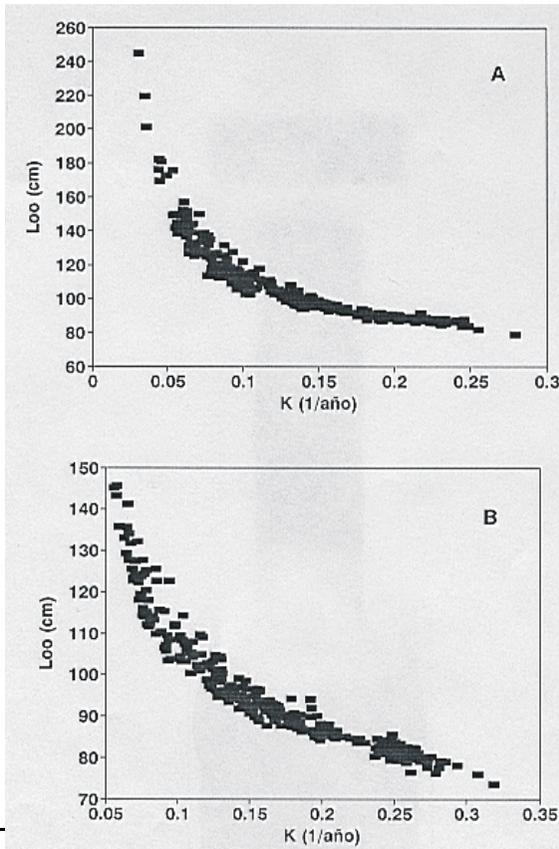


Figura 5.

Correlación bivariada entre los parámetros de crecimiento para *L. campechanus* obtenidos por el método PROJMAT conjuntamente con la técnica jackknife. Las iniciales denotan la combinación de parámetros de crecimiento obtenidos al omitir el mes respectivo.

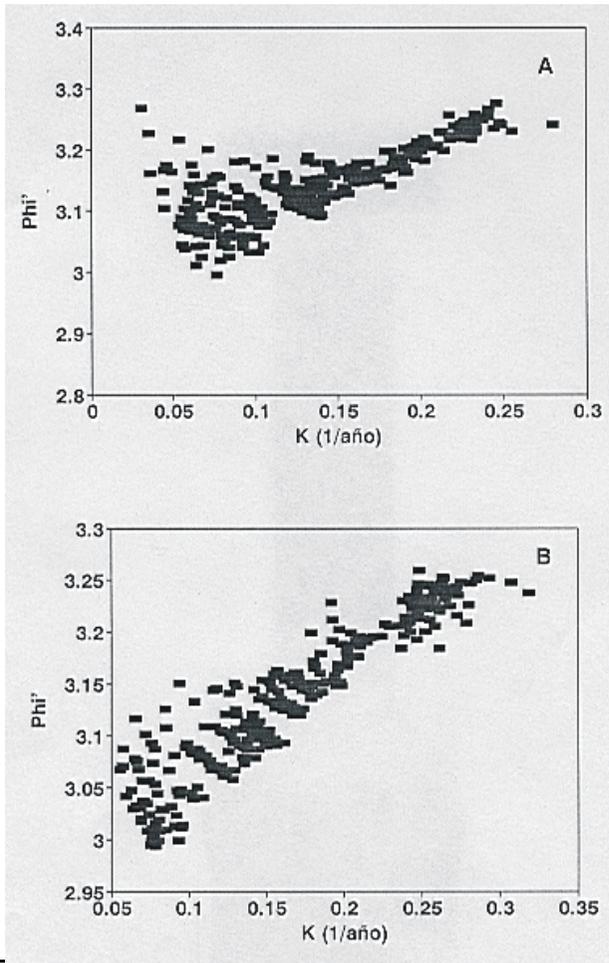


Figura 6.  
Correlación bivariada entre parámetros de crecimiento para *L. campechanus* obtenidos por el método SLCA y la técnica jackknife. Las iniciales denotan la combinación de parámetros de crecimiento obtenidos al omitir el mes respectivo.

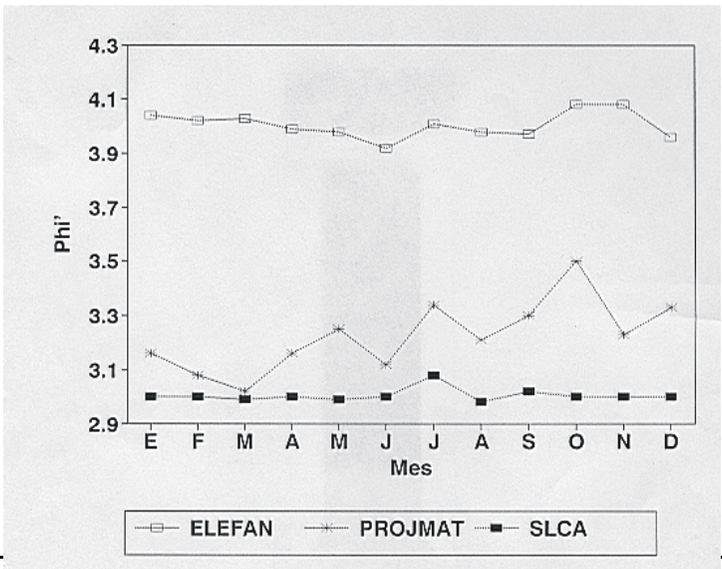


Figura 7.

*L. campechanus*. Tendencia del  $\Phi'$  mensual basado en las estimaciones de K y L4 derivadas del ELEFAN, PROJMAT y SLCA, al omitir secuencialmente una muestra mediante la técnica jackknife.

Con respecto al PROJMAT, el uso conjunto con la técnica jackknife determinó un valor medio de L4 mayor a los reportados y de K levemente menores. Asimismo este método presentó el mayor error porcentual EP, lo cual denotaría una importante sensibilidad a la estructura de las muestras mensuales y por tanto una indudable dependencia a la precisión del diseño y calidad de datos obtenidos en los muestreos.

Finalmente, SLCA proporcionó la menor variabilidad intramensual y el mínimo error porcentual EP, y los parámetros obtenidos fueron más cercanos a los reportados en la literatura. La variabilidad observada fue mínima para L4 y  $\Phi'$ , mientras que el valor obtenido para K fue idéntico al estimado con todas las muestras.

Análisis comparativo:

**Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

El valor de  $\hat{L}$  para esta especie en diferentes regiones geográficas oscila entre 2.92 y 3.19. Los valores de  $\hat{L}$  obtenidos en este trabajo se ubicaron dentro de dicho rango, excepto para los obtenidos mediante los métodos ELEFAN y PROJMAT. Asimismo, los valores de  $\hat{L}$  obtenidos de los intervalos de confianza generados por los métodos bootstrap y jackknife en conjunción con los métodos directos e indirectos se ubicaron dentro del rango reportado para esta especie.

Tabla 4. Parámetros de crecimiento ( $L/K, t_0$ ) obtenidos en base a los métodos ELEFAN, PROJMAT y SLCA en conjunción con la técnica jackknife ( $St_j$ ) y estimadores de precisión: error porcentual (EP) y coeficiente de variación (CV). Se muestran las estimaciones con todos los meses ( $St$ ) a efectos comparativos.

		ELEFAN	PROJMAT	SLCA
St	L4	287	118	85
St <sub>j</sub>		264	146	86
EP		863	1945	42
CV		262	987	55
St	K	13	13	14
St <sub>j</sub>		15	9	14
EP		1186	3928	0
CV		383	998	138
St	t <sub>0</sub>	-19	-4	-30
St <sub>j</sub>		-28	-51	-35
EP		3114	9211	1285
CV		1728	1540	1117

LITERATURA CITADA

## **Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

- Bagenal, T. y F. Tesch, 1978. Age and Growth. En T Bagenal, ed Methods for fish production in freshwater 3rd. Ed. Blackwell Scientific Publications Oxford, U.K.: 101-136.
- Cabrera, V.M. 1991. Efecto de cambios en la varianza y tamaño del intervalo en la estimación de los parámetros de crecimiento del mero *Epinephelus morio*. Tesis de maestría. CINVESTAV- Unidad Mérida Yucatán. México. 97 pp.
- Defeo, O., F. Arreguín y J. Sánchez. 1992. Growth study of the yellow clam *Mesodesma mactroides*: a comparative analysis of three length based methods. *Sci. Mar.* 56: 53-59.
- Efron, B. 1982. The Jackknife, the bootstrap and other resampling plans. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A.
- García, A.J. 1992. Edad y crecimiento de algunos peces neríticos de Cuba. Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba. Dpto de Ictiología. Resumen Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas: 1-30.
- Gayanilo, F., Jr., M. Soriano y D. Pauly. 1988. A draft guide to the complete ELEFAN. ICLARM Contribution (435), Metro Manila, Philippines. 65 pp.
- Gayanilo, F., P.S. Sparre y D. Pauly. 1993. The FISAT user's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). (En prensa).
- González, M. E., 1988. Estudio de la pesquería de huachinango (*Lutjanus campechanus* Poey) del Banco de Campeche. Tesis Maestría. CINVESTAV. Unidad Merida, México. 46 pp.
- Gulland, J.A. y A.A. Rosenberg, 1992. A review of length-based approaches to assessing fish stocks. *Fish. Tech. Pap. N: 323.* Rome. FAO. 100 p.
- Jones, J.C., M. Basson, y S. Holden. 1990. LFDA (Length Frequency Analysis Data). A prototype software package for the estimation of growth parameters from length frequency distributions. User's manual (Version 2.0). *Ren. Res. Ass.Group.* Imperial College. London U.K. 50 pp.
- Levi, D., M.G. Andreoli y L. Cannizzaro. 1987. Use of ELEFAN 1 for sampling design. p. 311-319. En D. Pauly y G.R. Morgan, eds Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conf. Proc. 13.
- Lowe-McConnell, R.O., 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press. London: 382 pp
- Mathews, C.P. 1974. An account of some methods of overcoming errors in ageing tropical and subtropical fish populations when hard tissue growth markings are unreliable and the data are sparse. p. 159-166. En T.B.

## **Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

- Bagenal, ed Ageing of fish. In win Brothers Limited, Old Working, Surrey, England.
- Morales-Nin, B. 1992. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO. Doc. T c. Pes. 322: 1-44 pp.
- Morgan, G.R. 1983. Application of length-based stock assessment to Kuwait's fish stocks. International Center for Living Aquatic Resources Management Newsletter 6(4): 3-4.
- Morgan, G.R. 1987. Incorporating age data into length based stock assessment methods. p. 234-245. En G.R. Morgan y D. Pauly, eds Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conf. Proc. 13.
- Nelson R.S. y C.S. Manooch, III. 1982. Growth and mortality of the red snapper in the West-Central Atlantic Ocean and Northern Gulf of Mexico. Trans. Amer. Fish. Soc. 11: 465- 475.
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO. Fish. Tech. Pap. N: 234: 52 pp.
- Pauly, D. y J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. Fishbyte 2(1):21 pp.
- Pauly, D., J. Ingles y R. Neal. 1984. Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of growth, mortality and recruitment related parameters from length-frequency data (ELEFAN I and II). p. 220-234. En Gulland, J.A. y B.J
- Rothschild, eds Penaeid shrimps, their biology and management. Fishing News Books, Farnham, Surrey, England.
- Rosenberg, A.A., J.R. Beddington, y M. Basson. 1986. The growth and longevity of krill during the first decade of pelagic whaling. Nature 324: 152-154.
- Rosenberg, A.A., y J.R. Beddington. 1987. Monte Carlo testing of two methods for estimating growth from length frequency data, with general conditions for their applicability. p. 283-298. En D. Pauly y G. R. Morgan, eds Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conference Proceedings 13.
- Shepherd, J.G. 1987a. A weakly parametric for the analysis of length composition data. p. 113-119. En D. Pauly, y G.P. Morgan, eds Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conf. Proc. 13.
- Shepherd, J.G. 1987b. Towards a method for short-term forecasting of catch rates based on length composition. p. 167-176. En D. Pauly, y G.P. Morgan, eds Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conf. Proc. 13.
- Sparre, P., Ursin, E. y Venema, S. C. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment, Part 1- Manual. FAO Fish. Tec. Pap. 306/1.

**Proceedings of the 47<sup>th</sup> Gulf and Caribbean Fisheries Institute**

Vakily, J.M. 1990. Determination and comparison of growth in bivalves with emphasis on the tropics and Thailand. Ph.D. Dissertation, Christian-Albrechts. University Št, Germany. 116 pp.