

Evaluación del crecimiento de *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) con métodos basados en talla, Tamaulipas, México

Jorge Homero Rodríguez-Castro^{1,2*}, José A. Ramírez^{4,5}, Gonzalo Velázquez-de-la-Cruz³ & Alfonso Correa-Sandoval¹

1. Instituto Tecnológico de Ciudad. Victoria. Laboratorio de Zoología, Blvd. E. Portes Gil 1301 Poniente, A. P. 175, C. P. 87010, Ciudad. Victoria, Tamaulipas, México; rodriguezjh@hotmail.com, alf_correas@hotmail.com
2. Fundación Tecnológico de Ciudad Victoria, A.C.; Blvd. E. Portes Gil 1301 Poniente, A. P. 175, C. P. 87010, Ciudad. Victoria, Tamaulipas, México; rodriguezjh@hotmail.com
3. Instituto Politécnico Nacional. CICATA Unidad Querétaro, Cerro Blanco 141, Col. Colinas del Cimatario, C.P. 76090, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.
4. Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Apdo. Postal 1025, 88740 Reynosa, Tam., México; drjoseramirez@hotmail.com
5. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Alimentos A. C. Sierra del Arco Sur 822. Las Fuentes Sección Lomas. C.P. 88740 Reynosa, Tamaulipas, México; drjoseramirez@hotmail.com

* Correspondencia.

Recibido 17-XI-2014. Corregido 07-II-2016. Aceptado 09-III-2016.

Abstract: Evaluation of the growth of *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) by the use of length-based methods based on size in Tamaulipas, Mexico. The capture blue crab (*Callinectes sapidus*) is one of the major fisheries of the state of Tamaulipas, Mexico; both in volume and selling price, as well as employment generation, but there is little information on its biological characteristics. The aim of this study was to evaluate the growth parameters of the blue crab, establishing the most appropriate method. We estimated the length frequency of 17814 crabs from commercial catch of thirteen locations, including four coastal lagoons. The lagoons were El Barril, Madre, Morales and San Andrés from Tamaulipas, State. Growth parameters were evaluated using indirect methods ELEFAN, PROJMAT and SLCA in combination with the *jackknife* technique to establish the uncertainty of estimates inherent in each method. The growth parameters L_{∞} and k were consolidated for purposes of comparison with the growth index phi prime (Φ'). With a mode of 110 mm, the interval carapace length varied between 60 and 205 mm. The values of the growth parameters varied according to the method used. Using SLCA, L_{∞} varied between 259 and 260 mm and k ranged between 0.749 and 0.750 /year; with PROJMAT, L_{∞} recorded values between 205 and 260 mm, k fluctuated between 0.550 and 0.740/year, and with ELEFAN, L_{∞} ranged between 156 and 215 mm and k varied between 0.479 and 0.848/year. Estimates by *jackknife* detected no variability in Φ' between locations and significant differences between methods. The ranges of values of Φ' and PROJMAT estimated SLCA (4.70 to 4.71 and 4.66 to 4.70, respectively) were in the range reported in the literature (4.201-4.798), while lower values ELEFAN contributed significantly (3.87 to 4.27). The SLCA and PROJMAT methods in combination with the *jackknife* technique, proved to be the most suitable to estimate the growth parameters of *C. sapidus*. Rev. Biol. Trop. 64 (2): 821-836. Epub 2016 June 01.

Key words: growth, length-based methods, *jackknife*, uncertainty, *Callinectes sapidus*.

La jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) es un recurso pesquero de suma importancia para el Estado de Tamaulipas, México. Después del camarón café *Farfantepenaeus aztecus* (Ives, 1891), la lisa *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), y la tilapia *Oreochromis*

aureus (Steindachner 1864), la jaiba azul contribuye en la producción pesquera aportando un promedio anual de 2 733 ton, equivalente a un ingreso económico de 1.8 millones de dólares americanos (Rodríguez-Castro et al. 2010). Esta participación posiciona a este organismo

en el cuarto lugar dentro de las especies de importancia pesquera en el Estado (Rodríguez-Castro et al. 2010). No obstante, y a pesar de la importancia de este recurso, se disponen de ciertos lineamientos normativos específicos para el Golfo de México (e.g. Carta Nacional Pesquera) que gestionan su manejo (Diario Oficial de la Federación 2006), sin embargo, son limitados en su alcance al no disponer de especificaciones propias para el Estado de Tamaulipas. En parte, esto se debe a que los reportes científicos para este recurso pesquero son escasos, y que los estudios existentes, han variado sobre el rango, promedio y modas de las tallas de los ejemplares presentes en la Laguna Madre, Tamaulipas (Medellín-Avila et al. 2003; Leo-Peredo & Conde-Galavíz, 2006; y Leo-Peredo & Conde-Galavíz, 2008). Por otra parte, no se registran evaluaciones intermedias (crecimiento y mortalidad) ni terminales (puntos de referencia biológicos y/o pesqueros), que permitieran delinear estrategias de aprovechamiento óptimo del recurso.

En los estudios de crecimiento de organismos tropicales, se deben considerar estimaciones alternativas por más de un método. También se debe cuantificar la incertidumbre asociada a dichas estimaciones, debido a que ciertos eventos del ciclo de vida, como la época reproductiva y el reclutamiento continuo, impiden una clara progresión de clases modales (Arellano-Torres et al. 2013). En consecuencia, se estima importante determinar la influencia que ejerce cada muestra temporal en algunos casos, y espacial en otros (Leonce-Valencia & Defeo 1997). Adicionalmente, para evitar la presencia de errores de medición y sesgos en la obtención de los datos, es necesario evaluar la precisión de cada método (Leonce-Valencia & Defeo 1997).

Entre los métodos indirectos disponibles para evaluar los parámetros de crecimiento en diferentes organismos acuáticos, que incluye los crustáceos, se encuentran el método ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis) (Gayanilo et al., 1994), el método PROJMAT (Projection Matrix Method) (Shepherd, 1987a) y el método SLCA (Shepherd's Length

Composition Analysis) (Shepherd, 1987b), los cuales suponen un crecimiento individual descrito por el modelo de von Bertalanffy (1938), pero los fundamentos de cada método son diferentes. ELEFAN identifica picos y huecos en las distribuciones de frecuencia de tallas y ajusta en forma iterativa la curva de crecimiento que pasa por el máximo número de picos, no suponiendo normalidad en dichas distribuciones, y usa un índice de bondad de ajuste denominado R_n , para evaluar la función obtenida. PROJMAT está basado en la matriz de proyección de Leslie y proyecta cada muestra del tiempo t a t_{+1} , usando valores semilla de k y L_∞ (Shepherd, 1987a). La muestra proyectada es evaluada estadísticamente con la observada a través de un procedimiento de minimización de suma de cuadrados de las diferencias entre ambas. Esto es repetido para las n muestras que constituyen la base de datos para un amplio rango de valores de k y L_∞ , resultando la mejor curva aquella que minimiza la suma de cuadrados (Basson et al., 1988). SLCA está basado en el ajuste de una función coseno independiente del número y posición de las potenciales modas en la muestra. El ajuste de dicha función a los datos se realiza considerando los límites superior e inferior de cada intervalo de clase, así como la fracción del año en que cada muestra fue tomada. Una función de prueba evalúa la bondad de ajuste de diferentes combinaciones de parámetros de crecimiento. Detalles de los algoritmos son aportados por Defeo et al. (1992) y Leonce-Valencia & Defeo (1997).

Los objetivos principales de este trabajo fueron: (1) estimar los parámetros de crecimiento de *C. sapidus* capturada en diferentes regiones del litoral costero del Estado de Tamaulipas, México, aplicando los métodos indirectos ELEFAN, PROJMAT y SLCA; (2) cuantificar la incertidumbre en los parámetros resultantes de variaciones en la estructura de la base de datos; y (3) comparar las estimaciones obtenidas con las reportadas en la literatura para *C. sapidus*, usando el índice de crecimiento phi prima (Φ') (Defeo et al., 1992).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron muestreos mensuales de enero a junio 2009, en virtud de que representan los meses de mayor captura de este recurso pesquero, aunado a las condiciones ambientales desfavorables que prevalecieron en los meses subsiguientes, que no permitieron capturas significativas económicamente. Dichas muestras fueron obtenidas de los desembarques provenientes de trece localidades pesqueras distribuidas en cuatro lagunas costeras del Estado de Tamaulipas: Laguna El Barril, Laguna Madre, Laguna de Morales y Laguna de San Andrés. En el caso de la Laguna Madre, las localidades estudiadas fueron los poblados pesqueros de La Capilla, El Sareño, Higuierillas, Bella Vista, La Poza, El Barrancón, Carboneras, Carbajal,

Punta de Piedra y Punta de Alambre. En el resto de las lagunas (El Barril, Morales y San Andrés) se consideró la única localidad del mismo nombre de la laguna (Fig. 1).

El área de estudio corresponde a la costa del estado de Tamaulipas ($25^{\circ}56'$ y $22^{\circ}14'N$ y $97^{\circ}14'$ y $97^{\circ}48'O$, Fig. 1), la cual tiene una extensión aproximada de 420 km. Las temperaturas promedio anuales varían de 25.5 a 27.5 °C y las salinidades de 30 a 35.2 (Britton & Morton 1989, De La Lanza et al. 2004). El principal cuerpo de agua donde se realizó esta investigación fue la Laguna Madre, Tamaulipas. Esta se localiza al norte del Estado de Tamaulipas ($23^{\circ}48'25'30'' N$ y $97^{\circ} 23'97'52'' W$). En la parte norte es limitada por el Río Bravo, en el Municipio de Matamoras; en el

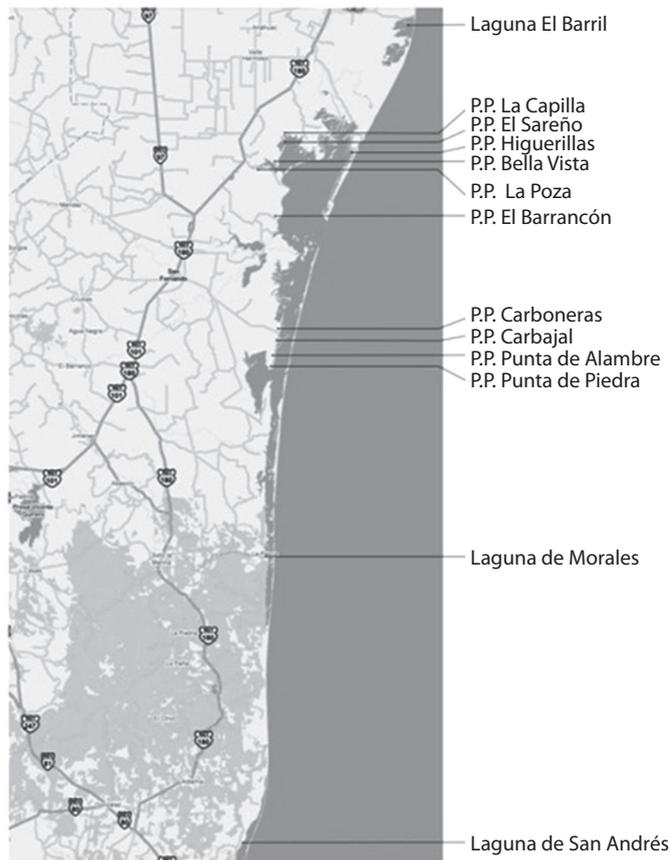


Fig. 1. Lagunas y localidades de muestreo de la jaiba azul en el Estado de Tamaulipas, México.

Fig. 1. Sampling Lagoons and locations, of blue crab in the State of Tamaulipas, México.

sur por el Río Soto La Marina, en el Municipio de Soto La Marina (Ocaña-Luna, et. al., 2008). Posee una superficie de 2000 km², con una profundidad media de 0.7 m. Se encuentra separada del Golfo de México por una barrera litoral recta y uniforme hacia barlovento e irregular hacia el borde continental, la depresión de la laguna se rellena parcialmente debido al aporte de agua del Río San Fernando, dividiéndose en dos cuencas: septentrional y meridional (Yáñez & Schlaepfer, 1968). La Laguna Madre tiene un clima de tipo BS1 (h') hw que es semiseco con lluvias en verano y escasas a lo largo del año con precipitación invernal entre 5 y 10.2 % (SPP, 1981). La salinidad del agua superficial de la Laguna Madre, Tamaulipas, presenta un amplio rango, de 21.0 a 51.0 ups con condiciones eurihalinas en octubre (35.0-38.0 ups), poli-euhalinas en enero (21.0-36.0 ups) y eu-hiperhalinas en mayo y julio (33.0-46.0 y 36.0-51.0, respectivamente) (Ocaña-Luna, et. al., 2008). La principal arte de pesca utilizado en la captura de la jaiba en la costa de Tamaulipas es la "trampa jaibera", que es una estructura construida de malla hexagonal de alambre recubierto de vinilo, con un ancho de 3.81 cm (1.5 pulgadas), cuyas dimensiones son de 45 cm de alto, 60 cm de ancho y 60 cm de largo (Velázquez de la Cruz, et al. 2012). A los ejemplares recolectados se les midió el ancho del caparazón (AC, mm) de extremo a extremo de las espinas laterales, con un vernier marca Scala (0.01 de precisión). El sexo se determinó por la forma del abdomen, según lo señalado por Millikin & Williams (1984). Las frecuencias de tallas fueron agrupadas en intervalos de clase de 5 mm para cada una de las muestras. Para contrastar las diferencias en las frecuencias de tallas entre machos y hembras se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras ($\alpha = 0.05$). Se verificó el ajuste a la distribución normal de los datos mediante la prueba de Shapiro Wilks (Zar, 1974) y se probó la homogeneidad de varianzas con la Prueba de Levene (Montgomery, 1991).

Se aplicaron los métodos ELEFAN (Gayaniño et al., 1994), PROJMAT (Shepherd, 1987a) y SLCA (Shepherd, 1987b), para estimar el

crecimiento con fundamento en el modelo de von Bertalanffy (1938). Se aplicó la técnica de corte *jackknife* (Efron 1982) para evaluar la influencia de cada muestra en la estimación de los parámetros de crecimiento. Para ello, se retiró una muestra (en este caso una localidad) secuencialmente y con reemplazo del grupo de las n muestras disponibles (localidades), a fin de obtener n diferentes combinaciones de parámetros de crecimiento (Leonce-Valencia & Defeo, 1997). El error porcentual (EP) y el coeficiente de variación porcentual (CV) fueron usados como estimadores de precisión. El primero fue obtenido como:

$$EP = \frac{(S_i - S_{ij})}{S_{ij}} 100$$

donde S_i es el estimador del parámetro de crecimiento usando la base de datos completa (13 localidades = Estado de Tamaulipas) y S_{ij} es el estimador promedio derivado de los n *seudovalores jackknife*. EP es óptimo cuando es igual a 0 ($S_i = S_{ij}$). Estos procedimientos han sido aplicados previamente para evaluar la influencia de cada muestra (Leonce-Valencia & Defeo, 1997; Nepita & Defeo, 2001), y han demostrado ser útiles como un criterio objetivo para cuantificar el desempeño de cada método utilizado. El CV *jackknife* fue obtenido como:

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum((S_{ii} - 1) - S_{ij})^2}{n(n-1)}}}{S_{ii}}$$

donde S_{i-1} es el estimador del parámetro al omitir una muestra y n es el tamaño de la muestra global ($n = 13$). Cuando se obtuvieron los estimadores de precisión para datos sin *jackknife*, se utilizaron los valores verdaderos en el caso del estimador S_{ij} , y no se omitieron muestras en el estimador S_{i-1} .

Como criterio para comparar diferentes estimaciones de crecimiento, se utilizó el índice de crecimiento estándar $\Phi = 2\text{Log}(L_{\infty}) + k$ (Munro & Pauly, 1983; Pauly & Munro, 1984), el cual provee un parámetro unificado de crecimiento y no muestra variaciones marcadas como L_{∞} y k en forma individual (Defeo et al.

1992, Leonce-Valencia & Defeo, 1997). A fin de evaluar diferencias estadísticas, las estimaciones derivadas del análisis *jackknife* fueron sometidas a un análisis de varianza de 2 vías, empleando los métodos y las localidades como factores principales. En caso de detectar diferencias, se realizó un análisis de comparaciones múltiples empleado la prueba de Newman-Keuls (Zar, 1996). Los análisis estadísticos se realizaron con el software SPSS v13.0.

RESULTADOS

En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas entre las distribuciones de frecuencias de tallas de hembras y machos (Kolmogorov-Smirnov, $Z = 0.888$, $p = 0.410$), por lo tanto, se decidió realizar los subsiguientes análisis con los datos de forma conjunta. Los 17 814 individuos muestreados en las trece localidades presentaron una moda general de 110 mm y una longitud mínima y máxima del ancho del caparazón de 60 y 205 mm, respectivamente.

Tallas

El cuadro 1 indica las tallas mínimas, medias y máximas de hembras y machos por localidad. En el presente estudio de la jaiba azul *Callinectes sapidus*, se registraron como tallas mínima y máxima de las jaibas azules en la zona de estudio, de 60 y 207 mm, respectivamente. Las hembras presentaron un rango de tallas de 60 a 197 mm y los machos entre 67 y 207 mm. Se obtuvo un promedio entre las localidades de las tallas mínimas, medias y máximas para hembras y machos, respectivamente, como sigue: hembras: mínima = 79 mm, media = 127 mm y máxima = 178; machos: mínima = 80 mm, media = 121 mm y máxima = 177 mm. La literatura de las tallas de la jaiba azul, *Callinectes sapidus*, en el mundo, considera un rango donde queda incluido el estimado en el presente estudio (Cuadro 2).

Hembras: *Tallas mínimas:* La mínima y máxima fueron de 60 y 107 mm correspondientes a las localidades 3 y 13, respectivamente. *Tallas medias:* La mínima y máxima fueron

CUADRO 1

Tallas mínimas, medias y máximas en milímetros, de la jaiba azul (*C. sapidus*) por localidad, en Estado de Tamaulipas

TABLE 1

Minimum sizes, average and maximum in millimeters, of the blue crab (*C. sapidus*) by location, in Tamaulipas

Localidades	Hembras			Machos			Total		
	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima
1	62	107±0.72	162	80	111±1.14	170	62	109±0.93	170
2	86	134±0.43	189	94	117±0.52	162	86	125±0.48	189
3	60	115±0.61	164	68	106±0.93	177	60	110±0.78	177
4	67	139±0.83	197	71	123±1.16	176	67	131±0.99	197
5	73	131±0.32	184	70	124±0.34	175	70	127±0.0.33	184
6	64	136±0.91	191	67	129±1.13	205	64	132±1.03	205
7	104	133±0.92	193	77	133±0.58	207	77	133±0.75	207
8	72	122±0.66	179	79	123±1.05	175	72	122±0.86	179
9	85	142±0.81	194	89	126±0.74	173	85	134±0.78	194
10	70	123±0.29	171	68	121±0.67	172	68	122±0.48	172
11	85	115±0.19	165	83	124±0.50	159	83	119±0.35	165
12	90	120±0.25	153	93	118±0.84	180	90	119±0.55	180
13	107	135±0.41	172	105	120±0.62	170	105	127±0.52	172
Mínima	60	107±0.19	153	67	106±0.34	159	60	109±0.33	165
Media	79	127±0.57	178	80	121±0.79	177	76	124±0.68	184
Máxima	107	142±0.92	197	105	133±1.16	207	105	134±1.03	207

CUADRO 2
Tallas mínimas, medias/modas y máximas de la jaiba azul *Callinectes sapidus*, en el mundo

TABLE 2
Minimum sizes, medium and maximum length of blue crab *Callinectes sapidus* in the world

Autor	Sexo y fase de desarrollo	Mínima	Media	Moda	Máxima	Localidad
Este estudio	Hembras	60	127		197	Lagunas costeras de Tamaulipas, México
	Machos	67	121		207	
	Total	60	124		207	
Sumer et al (2013) de Pasquier, et al (2012)	Total (Hembras + Machos; adultos + juveniles)	50		158	223	Lago Beymelek (Costa Suroeste de Turquía)
	Hembras	52	88		117	Lago de Maracaibo, Venezuela
	Machos	51	91		133	
Ortiz-León et al. (2007) Gokce et al. (2006)	Total	51	89		133	
	Total (Hembras + Machos) (solo adultos)	60-69		140-149	180-189	Bahía de Chetumal, México
	Juveniles	23	34		51	Lago Camlik, Turquía
Hines et al. (1987)	Hembras	39	84		173	
	Machos	40	89		178	
	Total	23	84		178	
Hines et al. (1987)	Hembras (juveniles + adultos)	5		150	185	Subestuario de la Bahía de Chesapeake (Rio Rhode, River Mouth), USA
	Machos (juveniles + adultos)	5		130	185	
	Hembras (juveniles + adultos)	25		80	175	Subestuario de la Bahía de Chesapeake (Rio Rhode, River Head), USA
	Machos (juveniles + adultos)	5		80	175	
	Hembras (juveniles + adultos)	35		100	175	Subestuario de la Bahía de Chesapeake (Rio Rhode, Up Creek), USA
	Machos (juveniles + adultos)	35		110	175	
Hines et al. (1987)	Hembras (juveniles + adultos)	35		120	175	Subestuario de la Bahía de Chesapeake (Rio Rhode, Down Creek), USA
	Machos (juveniles + adultos)	45		130	195	



de 107 y 142, correspondientes a las localidades 1 y 9, respectivamente. *Tallas máximas*: La mínima y máxima fueron de 153 y 197 mm, correspondientes a las localidades 12 y 4, respectivamente.

Machos: *Tallas mínimas*: La mínima y máxima fueron de 67 y 105 mm correspondientes a las localidades 6 y 13, respectivamente. *Tallas medias*: La mínima y máxima fueron de 106 y 133, correspondientes a las localidades 3 y 7, respectivamente. *Tallas máximas*: La mínima y máxima fueron de 159 y 207 mm, correspondientes a las localidades 11 y 7, respectivamente.

Total (hembras + machos): *Tallas mínimas*: La mínima y máxima fueron de 60 y 105 mm correspondientes a las localidades 3 y 13, respectivamente. *Tallas medias*: La mínima y máxima fueron de 109 y 134, correspondientes a las localidades 1 y 9, respectivamente. *Tallas máximas*: La mínima y máxima fueron de 165 y 207 mm, correspondientes a las localidades 11 y 7, respectivamente.

Parámetros de L_{∞} y k

Conjunto completo de datos, evaluación por localidades: La magnitud del rango de los parámetros L_{∞} y k, estimados para todas las localidades, varió dependiendo el método utilizado. En general el valor de los parámetros decreció en el siguiente orden para los métodos comparados en el presente estudio: SLCA > PROJMAT > ELEFAN.

Utilizando el método SLCA, el parámetro L_{∞} varió entre 259 y 260 mm, en tanto que el valor de k osciló entre 0.749 y 0.750/año; con el método PROJMAT, el valor de L_{∞} varió entre 205 y 260 mm y el valor de k fluctuó entre 0.550 y 0.740/año; sin embargo, el método ELEFAN registró una L_{∞} de 156 y 215 mm, donde k osciló entre 0.479 y 0.848/año (Cuadro 3).

Los valores medios de L_{∞} y k fueron los siguientes: $L_{\infty} = 260$ mm y k = 0.749/año estimados por SLCA; $L_{\infty} = 228$ mm y k = 0.648/año estimados por PROJMAT, y $L_{\infty} = 182$ mm y k = 0.626/año estimados por ELEFAN.

CUADRO 3

Parámetros de crecimiento de *C. sapidus* estimados por los métodos ELEFAN, SLCA y PROJMAT para 13 localidades de Tamaulipas, México

TABLE 3
Growth parameters of *C. sapidus* estimated by ELEFAN, SLCA and methods PROJMAT
13 locations of Tamaulipas, México

Parámetro	Método	Localidades												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L_{∞} (mm)	ELEFAN	156	186	215	161	173	172	193	175	160	189	207	175	204
	SLCA	259	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260
	PROJMAT	210	230	225	250	219	248	260	219	240	215	205	225	215
k (/año)	ELEFAN	0.566	0.610	0.762	0.479	0.688	0.610	0.687	0.505	0.778	0.517	0.512	0.848	0.578
	SLCA	0.750	0.749	0.750	0.749	0.750	0.749	0.749	0.749	0.749	0.750	0.749	0.749	0.749
	PROJMAT	0.680	0.610	0.680	0.610	0.680	0.740	0.610	0.680	0.680	0.680	0.610	0.610	0.550
t_0 (anual)	ELEFAN	-0.330	-0.420	-0.850	-0.500	-0.120	-0.740	-0.690	-0.030	-0.850	-0.020	-0.990	-0.420	-0.390
	SLCA	-0.729	-0.857	-0.703	-0.845	-0.774	-0.897	-0.924	-0.835	-0.935	-0.841	-0.810	-0.800	-0.882
	PROJMAT	-0.958	-0.153	-0.917	-0.046	-0.962	-0.947	-0.099	-0.107	-0.112	-0.138	-0.327	-0.152	-0.404

Localidades: 1 = Laguna El Barril; 2= La Capilla; 3 = El Sareño; 4 = Higuerrillas; 5 Bella Vista; 6 = La Poza; 7 = El Barrancón; 8 = Carboneras; 9 = Carbajal; 10 = Punta de Piedra; 11 = Punta de Alambre; 12 = Laguna de Morales y 13 = Laguna San Andrés.



En el cuadro 4, se presentan los menores valores de los estimadores de precisión aplicados a los datos de L_{∞} y k de las diferentes localidades, sin *jackknife*, fueron marcadamente los obtenidos con el método SLCA (EP = 0.030 y CV = 0.020 para L_{∞} , y EP = 0.090 y CV = 0.018 para k), seguido de PROJMAT (EP = 14.150 y CV = 2.061 para L_{∞} , y EP = 14.250 y CV = 2.192 para k) y finalmente ELEFAN (EP = 5.450 y CV = 2.874 para L_{∞} , y EP = 45.970 y CV = 5.210 para k).

Los valores de phi prima, estimados a partir de L_{∞} y k , obtenidos sin *jackknife*, revelaron que existió diferencia significativa entre métodos (ANOVA, $p < 0.05$). El rango más estrecho de la variabilidad de dichos valores lo entregó SLCA (4.70-4.71), seguido de

PROJMAT (4.41-4.66) y ELEFAN (4.09-4.55); y los valores medios fueron 4.70, 4.52 y 4.31, respectivamente (Fig. 2A). Usando *jackknife* con el mismo propósito, los resultados son similares: existió diferencia significativa entre métodos (ANOVA, $p < 0.05$), y los rangos más estrechos de la variabilidad de los valores fueron registrados por los métodos SLCA y PROJMAT (Fig. 2B).

Estado de Tamaulipas: Al utilizar la información de todas las localidades en su conjunto, lo que representa un análisis del Estado de Tamaulipas y al considerar también los resultados obtenidos al usar la técnica *jackknife*, se observó que L_{∞} varió entre 172 y 260 mm, mientras que los valores de k fluctuaron

CUADRO 4
Parámetros de crecimiento estimados por los métodos indirectos (ELEFAN, SLCA y PROJMAT) para las 13 localidades del estudio en conjunto (Estado de Tamaulipas)

TABLE 4
Parameters estimated by indirect methods (ELEFAN, SLCA and PROJMAT) for the 13 locations together (Tamaulipas), without (St) and with (Y) *jackknife* growth

Parámetro		Método			
		ELEFAN	SLCA	PROJMAT	
L_{∞} (mm)	St	172.07	260.00	260.00	
	Y	172.22	260.00	260.00	
	St	EP (%)	-5.45	0.03	14.15
		CV (%)	38.77	0.32	31.10
	Y	EP (%)	0.83	0.00	0.35
		CV (%)	3.79	0.00	5.63
k (/año)	St	0.914	0.750	0.740	
	Y	0.398	0.750	0.740	
	St	EP (%)	-45.97	0.09	14.25
		CV (%)	4.12	0.02	1.76
	Y	EP (%)	2.689	0.010	0.000
		CV (%)	3.619	0.009	0.000
t_0 (anual)	St	-0.160	-0.807	-0.814	
	Y	-0.640	-0.807	-0.814	
	St	EP (%)	67.244	-3.148	98.835
		CV (%)	18.153	2.330	26.047
	Y	EP (%)	0.834	0.972	1.050
		CV (%)	2.750	0.429	0.352
Bondad de ajuste	St	0.64	175.40	0.00	
	Y	0.83	175.40	0.00	

sin (St) y con (Y) *jackknife*. Se presentan los estimados de precisión (EP = Error porcentual y CV = Coeficiente de variación). The estimated precision (EP = Percent Error and CV = coefficient of variation) are presented.

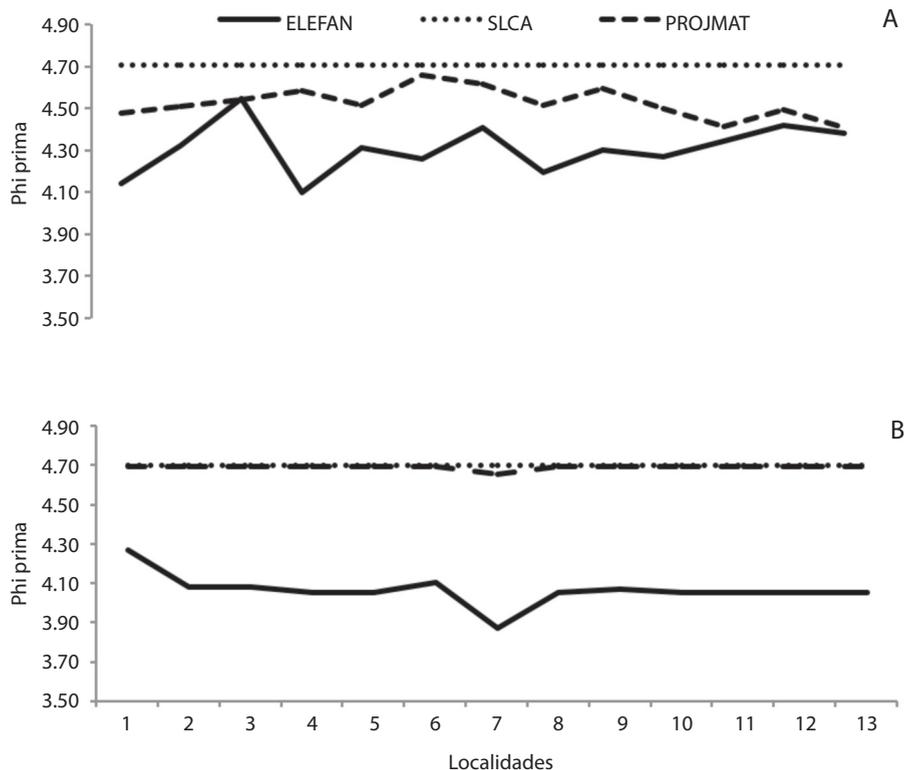


Fig. 2. Variabilidad de Φ' entre localidades con los parámetros de crecimiento estimados por ELEFAN, SLCA y PROJMAT, sin (A) y con *jackknife* (B). Localidades: 1 = Laguna El Barril; 2= La Capilla; 3 = El Sareño; 4 = Higuerillas; 5 Bella Vista; 6 = La Poza; 7 = El Barrancón; 8 = Carboneras; 9 = Carbajal; 10 = Punta de Piedra; 11 = Punta de Alambre; 12 = Laguna de Morales y 13 = Laguna San Andrés.

Fig. 2. Variability of Φ' between locations with growth parameters estimated by ELEFAN PROJMAT, SLCA and without (A) and with *jackknife* (B).

entre 0.409 y 0.914/año, sin embargo, los valores de t_0 se presentaron en el rango de -0.160 a 0.814 años (Cuadro 4).

La aplicación del *jackknife* conjuntamente con ELEFAN, SLCA y PROJMAT, registró una mediana influencia en las estimaciones y otra escasa de las localidades.

En el caso de ELEFAN, L_∞ fluctuó entre 165.8 y 173.9 mm, mientras que k estuvo en el intervalo de 0.253 a 0.640/año. El mayor valor de L_∞ y el menor de k ocurrieron cuando la localidad de El Barrancón fue omitida, por el contrario: el menor valor de L_∞ y el mayor de k , sucedieron cuando la localidad El Barril fue omitida (Fig. 3A). La aplicación del *jackknife* con SLCA y PROJMAT prácticamente

revelaron los mismos resultados, sin variación entre localidades. Estos dos métodos registraron valores de L_∞ de 259.995 a 259.999 mm y de k de 0.749 a 0.750/año. Con éstos dos últimos métodos el mayor valor de L_∞ y el menor de k se registró cuando fue omitida la localidad de El Barril, mientras que el menor valor de L_∞ y el mayor de k ocurrió cuando fue omitida la localidad de Higuerillas (Fig. 3B). Los estimadores de precisión EP y CV derivados del análisis *jackknife* no mostraron diferencias significativas entre parámetros (L_∞ y k) ni entre métodos (ANOVA $p > 0.05$).

En general, los valores más bajos de EP y CV, tanto para L_∞ como para k , fueron los entregados por los métodos SLCA y PROJMAT

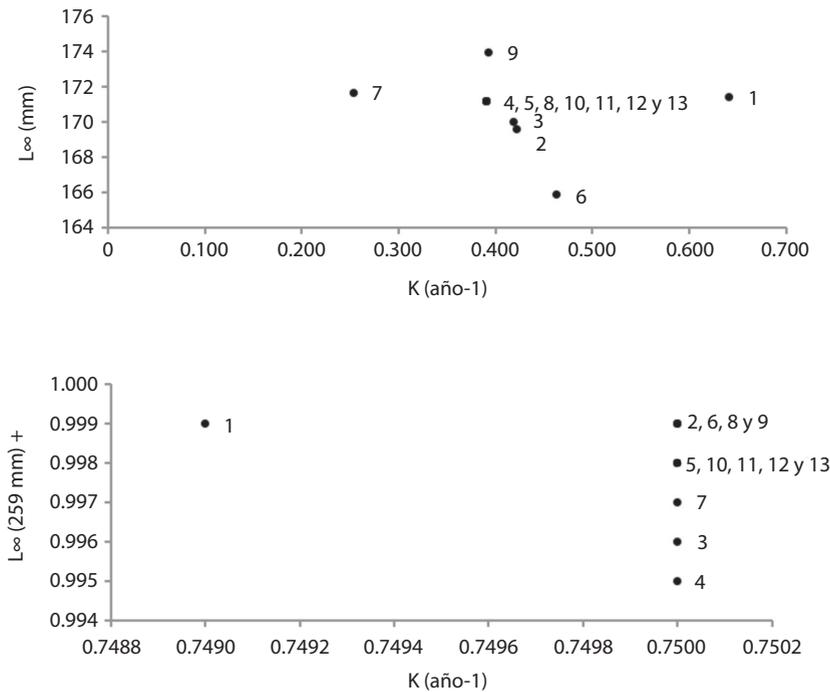


Fig. 3. Relación entre L_{∞} y K para *C. sapidus* en lagunas costeras de Tamaulipas, México, estimados por (A) ELEFAN y (B) SLCA y PROJMAT. Cada número se refiere a la localidad omitida en el análisis *jackknife*. Localidades: 1 = Laguna El Barril; 2 = La Capilla; 3 = El Sareño; 4 = Higuierillas; 5 = Bella Vista; 6 = La Poza; 7 = El Barrancón; 8 = Carboneras; 9 = Carbajal; 10 = Punta de Piedra; 11 = Punta de Alambre; 12 = Laguna de Morales y 13 = Laguna San Andrés.

Fig. 3. Relationship between L_{∞} and K for *C. sapidus* in coastal lagoons of Tamaulipas, Mexico, estimated by (A) ELEFAN and (B) SLCA and PROJMAT. Each number refers to the locations omitted in the *jackknife* analysis.

(Cuadro 3). ELEFAN arrojó valores mayores, con excepción de CV para L_{∞} (3.79), donde el mayor resultado lo registró PROJMAT (5.63). En particular, los valores más bajos de EP y CV fueron los estimados al utilizar el método de SLCA para L_{∞} (EP = 0.00 y CV = 0.00) y PROJMAT para k (EP = 0.00 y CV = 0.00). Por otra parte, los mayores valores de EP y CV se obtuvieron cuando se utilizaron los métodos PROJMAT para L_{∞} en CV (5.63) y ELEFAN en EP (0.83) también para L_{∞} ; mientras que los valores más altos de EP y CV para el parámetro k , resultaron cuando se utilizó el método de ELEFAN (EP = 2.689 y CV = 3.619). Ninguno de los métodos registró correlaciones significativas entre L_{∞} y k ($p > 0.05$).

Análisis comparativo mediante Φ' : El análisis de Φ' derivado de la omisión secuencial

de muestras espaciales mostró patrones claramente definidos (Fig. 3A y Fig. 3B): a) no expuso la variabilidad individual de los parámetros individuales k y L_{∞} , dada una reducida desviación estándar de éstos entre localidades y entre métodos, b) SLCA y PROJMAT aportaron los mayores valores de Φ' y muy próximos entre sí (4.70 a 4.71 y 4.66 a 4.70, respectivamente), mientras que ELEFAN aportó los valores significativamente menores (3.87 a 4.27), y c) Φ' varió significativamente entre métodos ($F_{3,40} = 808.44$; $p < 0.0001$). Las comparaciones múltiples a través de la prueba de Newman-Keuls para rangos críticos identificó diferencias individuales significativas entre los métodos $ELEFAN_{(\Phi', \text{promedio} = 4.0698)} - PROJMAT_{(\Phi', \text{promedio} = 4.696)}$ ($p < 0.0001$), y $ELEFAN_{(\Phi', \text{promedio} = 4.0698)} - SLCA_{(\Phi', \text{promedio} = 4.707)}$ ($p < 0.0001$). La

CUADRO 5

Análisis comparativo de las estimaciones de los parámetros de crecimiento y Φ' de la jaiba azul (*C. sapidus*) obtenidos en este trabajo y los reportados y derivados de otros autores

TABLE 5
Comparison of estimates of growth parameters and Φ' of the blue crab (*C. sapidus*) obtained in this work and those reported by other authors and derivatives

L_{∞} (mm)	k año ⁻¹	t_0	Φ'	Localidad	Referencia
176.0	1.080		4.524	Coast of Smith Island, MD	Rothschild, Stagg, Knotts, DiNardo, & Chai, 1988
187.0	0.506		4.248	Chesapeake Bay	Rothschild et al., 1988
191.9	0.640	0.31	4.372	Chesapeake Bay	Smith, 1997
175.9	1.450	0.13	4.652	Costa de Louisiana	Smith, 1997
262.5	0.587	0.12	4.607	Chesapeake Bay	Rugolo, Knotts, Lange, & Crecco, 1998
240.0	1.090	0.4	4.798	Chesapeake Bay	Ju, Secor, & Harvey, 2001
180.0	0.490	0.008	4.201	Chesapeake Bay	Ju et al., 2001
276.0	0.663	0.17	4.703	Costa de Florida	Pellegrin, Guillory, Prejean, Perry, Warren, Steele, et al., 2001
151.1	0.750	-0.16	4.234	Río Hudson	Chenery, 2002
202.0	0.750		4.486	Golfo de México	Instituto Nacional de la Pesca, 2000
234.7	0.750		4.616	Bahía Delaware	Helser & Kahn, 2001
200.6	0.620		4.397	Bahía Delaware	Helser & Kahn, 2001
200.3	0.930		4.572	Bahía Delaware	Helser & Kahn, 2001
231.5	0.510	-0.11	4.437	Bahía de Chetumal, México	Rosas-Correa & de-Jesús-Navarrete, 2008
181.9	1.064	-0.85	4.547	Laguna Beymelek, Sureste Costa de Turquía (Hembras)	Sumer, Teksam, Karatas, Bayhan, & Menderes-Aydin, 2013
230.1	0.860	-0.16	4.658	Laguna Beymelek, Sureste Costa de Turquía (Machos)	Sumer et al., 2013
				Costa de Tamaulipas, México	Presente estudio
172.1	0.9140	-0.160	4.432	ELEFAN*	Presente estudio
260.0	0.7500	-0.807	4.705	SLCA*	Presente estudio
260.0	0.740	-0.814	4.699	PROJMAT*	Presente estudio
172.2	0.3980	-0.640	4.072	ELEFAN**	Presente estudio
260.0	0.7500	-0.807	4.705	SLCA**	Presente estudio
260.0	0.7400	-0.814	4.699	PROJMAT**	Presente estudio

*Este trabajo sin jackknife; ** este trabajo con jackknife. Tabla modificada de Sumer, et al. (2013).

literatura reporta un rango de valores de 4.201 a 4.798 de Φ' (Cuadro 5).

DISCUSIÓN

Los resultados en este trabajo corresponden a un muestreo de solo seis meses, de enero a junio, donde no se alcanzó a incluir ejemplares presentes en todo el periodo reproductivo, y en consecuencia no fue posible identificar una diferencia significativa (prueba de Kolmogorov

Smirnov, $p > 0.05$) en la proporción sexual. Estos resultados coinciden con los encontrados por Gokce et al., (2006) para la misma especie en la Laguna Camlik en Turquía; y difieren por los reportados por Schweitzer y Withers (2009) para el Estuario Nueces en el Estado de Texas, USA, quienes refieren una relación macho: hembra de 4.1:1 denotando alta incidencia de machos (80 %); y por los encontrados por Ortíz-León et al. (2003) para la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México, quienes indican una relación macho: hembra de 15:1.



En el presente estudio se registro una talla máxima de 207 mm, que resulto menor que la registrada (223 mm) por Sumer et al (2013), para el Lago Beymelek, en la Costa Suroeste de Turquía; y mayor que las reportadas por De Pasquier (2012) para el Lago de Maracaibo, Venezuela, por Ortíz-León et al. (2003) para la Bahía Chetumal, México, y por Gokce et al. (2006) para el Lago Camlik, en Turquía (133 mm, 185 mm y 178 mm, respectivamente).

Considerado las tallas de hembras y machos en forma individual, en la fase adulta, las tallas máximas (hembras = 197 mm y machos = 207 mm) y mínimas (hembras = 60 mm y machos = 67 mm) encontradas en este estudio, resultaron mayores que la reportadas por la literatura. (**Literatura: Tallas máximas:** *Hembras* = 117 mm reportada por De Pasquier (2012) para el Lago de Maracaibo, Venezuela; y 173 mm indicada por Gokce et al. (2006) para el Lago Camlik en Turquía. *Machos* = 133 mm reportada por De Pasquier (2012) para el Lago de Maracaibo, Venezuela; y 178 mm indicada por Gokce et al. (2006) para el Lago Camlik en Turquía. **Tallas mínimas:** *Hembras* = 52 mm reportada por De Pasquier (2012) para el Lago de Maracaibo, Venezuela; y 39 mm indicada por Gokce et al. (2006) para el Lago Camlik en Turquía. *Machos* = 51 mm reportada por De Pasquier (2012) para el Lago de Maracaibo, Venezuela; y 40 mm indicada por Gokce et al. (2006) para el Lago Camlik en Turquía).

En la literatura científica se registran diferentes valores relacionados con el crecimiento de *C. sapidus*, los cuales pueden variar por factores que incluyen el tamaño de la muestra, el método de análisis, la época del año, y el país y región estudiada. En general, los valores registrados en la literatura varían para L_{∞} entre 151 y 276 mm; para k entre 0.490 y 1.45/año y para t_0 entre -0.850 a 0.4 años. En el presente estudio L_{∞} varió entre 172.1 y 260.0 mm, mientras que k osciló entre 0.3980 y 0.9140/año y los valores de t_0 entre -0.814 y -0.160 años, todos ellos dentro de los valores reportados en la literatura para la especie y dependiendo del método utilizado. Sin embargo, los métodos SLCA y PROJMAT fueron los más adecuados

para estimar los parámetros de crecimiento de *C. sapidus*, mientras que ELEFAN, con excepción de tres localidades (El Sareño, Punta de Alambre y La Laguna de Morales), subestimó los valores de L_{∞} . Adicionalmente, los métodos SLCA y PROJMAT presentaron los menores valores de los estimadores de precisión (EP y CV), solos o en combinación con la técnica de *jackknife*.

Los valores de Φ' estimados en la presente investigación, se identificaron dentro del rango reportado por la literatura (4.201-4.798), con excepción de los valores de Φ' encontrados con ELEFAN combinado con la técnica *jackknife*, que se localizaron por debajo del rango reportado para la especie. Por otra parte, los valores obtenidos mediante los métodos SLCA y PROJMAT registraron la mejor bondad de ajuste.

Es importante destacar que no existe una guía para establecer el método más apropiado para estimar los parámetros de crecimiento de un organismo en particular, ya que depende de diversos factores biológicos asociados con cada especie y su hábitat (Rosenberg & Beddington, 1987). Es por ello que se deben aplicar diferentes métodos y establecer cuál es su capacidad para predecir el crecimiento de una especie en particular. A este respecto, Leonce-Valencia y Defeo (1997), recomiendan SLCA y PROJMAT para evaluar a *Lutjanus campechanus* en Campeche, México; Nepita-Villanueva y Defeo (2001), señalan como la mejor opción a ELEFAN para *Octopus maya* de Yucatán, México; Caifa et al. (2011) encontraron un mejor desempeño en PROJMAT para *Caranx hippos* del Caribe Colombiano; y en el caso de *Oreochormis aureus* que crece en diferentes cuerpos de agua dulce de México existen resultados dispares: Jiménez-Badillo (2006) recomienda abandonar ELEFAN y sugiere el uso de PROJMAT, mientras que Arellano-Torres et al. (2013) expresan lo contrario. En este estudio la recomendación es para el uso de SLCA y PROJMAT sobre la jaiba azul de la costa de Tamaulipas, México.

El análisis *jackknife* permitió determinar que existió variabilidad en los parámetros individuales de crecimiento estimados por los

tres métodos, siendo mucho mayor para ELEFAN. En este sentido, SLCA presentó la menor variabilidad seguida de PROJMAT. También se observó que el empleo del índice de crecimiento Φ' combinado con *jackknife* fue de gran utilidad para efectos comparativos, permitiendo observar, como ya se señaló previamente, que el valor de Φ' obtenido con ELEFAN en conjunción con *jackknife* fue inferior a los valores obtenidos con SLCA y PROJMAT y al rango de valores reportados en la literatura para *C. sapidus*.

El método PROJMAT ha sido sugerido para especies de crecimiento rápido, con una época de desove corta y definida o ambos factores combinados (Defeo et al., 1992), como sería el caso de *C. sapidus*. También se ha demostrado que este 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} .

En el caso del método SLCA, en la literatura se recomienda su uso para estimar parámetros de crecimientos en especies longevas con bajas tasas de crecimiento (Basson et al., 1988). Sin embargo, en esta investigación, el método SLCA fue apropiado para calcular los parámetros de crecimiento de *C. sapidus*, la cual se considera un especie de corta a mediana longevidad. Por otra parte, se ha registrado que en la Bahía de Chesapeake, la jaiba azul presenta una longevidad estimada de tres años (Van Engel, 1958; Millikin & Williams, 1984). Sin embargo, en las costas de Carolina del Norte se ha reportado una longevidad de al menos cinco años (Fischler, 1965). En el presente estudio, la longevidad de *C. sapidus* se estimó como el cociente $3/k$, y usando valores promedio de k , derivados del análisis *jackknife*, la longevidad de *C. sapidus* sería de 7.6 años usando ELEFAN y de 4.0 y 4.05 años utilizando SLCA y PROJMAT, respectivamente. Los valores obtenidos al usar ELEFAN se ubican fuera del contexto biológico de la especie, señalando su limitada utilidad para estimar el crecimiento en la jaiba azul.

Los resultados señalan que la especie *C. sapidus* que crece en el litoral de Tamaulipas, tiene características de crecimiento similares a las que se registran para esta misma especie en la Bahía de Chesapeake y costas de Florida. Por otra parte, la evaluación de las características biológicas de *C. sapidus* con base en un análisis robusto, incluyendo un número elevado de especímenes, en un periodo de tiempo de seis meses y en diferentes localidades del litoral de Tamaulipas, permiten señalar que los métodos de SLCA y PROJMAT en combinación con la técnica de *jackknife* son adecuadas para estimar el crecimiento de esta especie que habita en el noreste de México. También se observó que las estimaciones de ELEFAN generaron valores de Φ' y estimaciones de longevidad no acordes con la biología del recurso, lo que limita su uso como una herramienta confiable para estimar el crecimiento de *C. sapidus*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Sociedad de Solidaridad Social PEFRALEGO y al Comité Sistema Producto Jaiba de Tamaulipas por el apoyo técnico brindado durante el desarrollo de este estudio. Se agradece también el apoyo económico recibido por parte de la Fundación Produce Tamaulipas para la realización del estudio.

RESUMEN

La captura de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) es una de las principales del Estado de Tamaulipas, México, tanto por su volumen y precio de venta, como por la generación de empleo, pero se cuenta con escasa información de sus características biológicas. El objetivo del presente estudio fue evaluar los parámetros de crecimiento de la jaiba azul, estableciendo el método más adecuado para realizarlo. Se estimó la frecuencia de tallas de 17 814 jaibas de muestreos realizados de enero a junio 2009, provenientes de la captura comercial de trece localidades, comprendidas en cuatro lagunas costeras: Laguna El Barril, Laguna Madre, Laguna de Morales y Laguna de San Andrés. Los parámetros de crecimiento se estimaron usando los métodos indirectos ELEFAN, PROJMAT y SLCA en combinación con la técnica *jackknife* para establecer la incertidumbre de las estimaciones inherentes a cada método. Los parámetros de crecimiento L_{∞} y k se unificaron para efectos

comparativos mediante el índice de crecimiento phi prima (Φ'). Con una moda de 110 mm, el intervalo de longitud de caparazón varió entre 60 y 205 mm. Los valores de los parámetros de crecimiento variaron de acuerdo al método utilizado. Utilizando SLCA, L_{∞} varió entre 259 y 260 mm y k osciló entre 0.749 y 0.750/año; con PROJMAT, L_{∞} registró valores entre 205 y 260 mm y k fluctuó entre 0.550 y 0.740/año, y con ELEFAN, L_{∞} osciló entre 156 y 215 mm y k varió entre 0.479 y 0.848/año. Las estimaciones mediante *jackknife* detectaron nula variabilidad en Φ' entre localidades y diferencias significativas entre métodos. Los rangos de valores de Φ' estimados por SLCA y PROJMAT (4.70 a 4.71 y 4.66 a 4.70, respectivamente) se ubicaron en el rango reportado por la literatura (4.201-4.798), mientras que ELEFAN aportó valores significativamente menores (3.87 a 4.27). Los métodos SLCA y PROJMAT en combinación con la técnica *jackknife*, resultaron ser los más adecuados para estimar los parámetros de crecimiento de *C. sapidus*.

Palabras clave: crecimiento, métodos basados en longitud, *jackknife*, incertidumbre, *Callinectes sapidus*.

REFERENCIA

- Arellano-Torres, A., Hernández-Montaño, D., & Meléndez-Galicia, C. (2013). Comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en un lago tropical de México. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1301-1312.
- Basson, M., Ronsenberg, A. A. & Beddington, J. R. (1988). The accuracy and reliability of two new methods for estimating growth parameters from length frequency data. *Journal du Conseil/Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 44, 277-285.
- Britton, J. C. & Morton, B. (1989). *Shore ecology of the Gulf of Mexico*. Austin, TX: University of Texas Press.
- Caiafa, I., Narváez, J., & Borrero, S. (2011). Algunos aspectos de la dinámica poblacional del jurel *Caranx hippos* (Pisces: Carangidae) en Bocas de Ceniza, Caribe colombiano. *Revista MVZ Córdoba*, 16(1), 2324-2335.
- Chenery, M. A. (2002). *Population Dynamics of Blue Crab (Callinectes sapidus) in The Hudson River, New York* (Msc. Thesis). University of Maryland, Maryland.
- Defeo, O., Arreguín-Sánchez, F., & Sánchez, J. (1992). Growth study for the yellow clam *Mesodesma mactroides*: a comparative analysis of three length based methods. *Scientia Marina*, 56, 53-59.
- De La Lanza-Espino, G. & Gómez-Rojas, J. C. (2004). Características físicas y químicas del Golfo de México. En M. Caso, I. Pisanty, & E. Ezcurra (comp). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México* (pp. 103-132). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología, A. C., Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, México.
- De Pasquier, G. A., Pinto, L. G., Buonocore, R., & Méndez, Y. (2012). Relaciones biométricas y proporción de sexos del cangrejo azul, *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896), en el Lago de Maracaibo, Venezuela. *Ciencia*, 20(3).
- Diario Oficial de la Federación (2006). *Carta Nacional Pesquera*, SAGARPA, CONAPESCA Diario Oficial de la Federación del 25 de agosto de 2006, Segunda Sección, México.
- Efron, B. & Efron, B. (1982). *The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans* (Vol. 38). Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Fischler, K. J. (1965). The use of catch-effort, catch sampling, and tagging data to estimate a population of blue crabs. *Transactions American Fisheries Society*, 91, 275-278.
- Gayanilo, F. C. Jr., Sparre, P., & Pauly, D. (1996). *The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT). User's Guide*. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8. FAO, Rome.
- Gokce, G., Erguden, D., Sangun, L., Cekic, M., & Alagoz, S. (2006). Width/length-weight and relationships of the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) population living in Camlik Lagoon Lake (Yumurtalik). *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(8), 1460-1464.
- Helser, T. E. & Kahn, D. M. (2001). Stock assessment of Delaware Bay blue crab (*Callinectes sapidus*) for 2000. *Department of Natural Resources & Environmental Control, Delaware Division of fish and Wildlife*, 1-41.
- Hines, A. H., Lipcius, R. N., & Haddon, A. M. (1987). Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 36(1), 55-64.
- Instituto Nacional de la Pesca (2000). La pesquería de jaiba del Golfo de México y Mar Caribe. *Carta Nacional Pesquera*, 25 pp. México: Instituto Nacional de la Pesca.
- Jiménez-Badillo, L. (2006). Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, Mexico and reproductive behaviour. *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 577-588.
- Ju, S. J., Secor, D. H., & Harvey, H. R. (2001). Growth rate variability and lipofuscin accumulation rates in the blue crab *Callinectes sapidus*. *Marine Ecology Progress Series*, 224, 197-205.

- Leo-Peredo, A. S. & Conde-Galaviz, E. (2006). Estudio pesquero de la jaiba (*Callinectes sapidus*) en la región norte de la Laguna Madre, Tamaulipas. *Memorias del III Foro Científico de Pesca Ribereña*. 3-5 Octubre 2006. Trabajo 075: Cartel. Puerto Vallarta, Jal. 153-154 p. Recuperado de <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/15III%20foro%20pesca%20riberena2006.pdf>
- Leo-Peredo, A. S. & Conde-Galaviz, E. (2008). Algunos aspectos de la pesquería de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en la parte norte de la Laguna Madre, Tamaulipas. *Memorias del IV Foro Científico de Pesca Ribereña*. 9-11 de Septiembre 2008. Trabajo 046: Cartel. Acapulco, Gro. 153-154 p. Recuperado de <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/16%20memoria+IV+foro+pesca+riberena%20C3%B1a-2008.pdf>
- Leonce-Valencia, C. & Defeo, O. (1997). Evaluation of three length-based methods for estimating growth in tropical fishes: the red snapper *Lutjanus Campechanus* of the Campeche Bank (Mexico). *Science Marine*, 61, 297-303.
- Medellín-Avila, M., Arzate-Aguilar, E., Gómez-Ortiz, M. A., & González-Cruz, A. (2003). La pesquería ribereña de la jaiba (*Callinectes sapidus*) en la Laguna, Madre, Tam., durante 2001 y 2002. *Memorias del II Foro Científico de Pesca Ribereña*. 20-22 Octubre 2003. Ciudad de Colima, Col. 93-94. Recuperado de <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/14II+foro+pesca+riberena2003.pdf>
- Millikin, M. R. & Williams, A. B. (1984). Synopsis of biological data on the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun (No. 138). National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service.
- Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. México, D. F.: Grupo Editorial Iberoamericana.
- Munro, J. L. & Pauly, D. (1983). A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*, 1, 5-6.
- Nepita, V. M. R. & Defeo, O. (2001). Crecimiento del pulpo *Octopus maya* (Mollusca: Cephalopoda) de la costa de Yucatán, México: un análisis de largo plazo. *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 93-101.
- Ocaña-Luna, A., Hernández-Batún, G., & Sánchez-Ramírez, M. (2008). Abundancia y distribución de juveniles de *Farfantepenaeus aztecus* (Ives 1891), *F. duorarum* (Burkenroad 1939) y *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus 1767) en la Laguna Madre, Tamaulipas, México. *Hidrobiológica*, 18(3), 199-208.
- Ortiz-León, H. J., de Jesús Navarrete, A., & Cordero, E. S. (2003). Distribución espacial y temporal del cangrejo *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 55(1), 235-245.
- Pauly, D. & Munro, J. L. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte*, 2, 21.
- Pellegrin, G., Guillory, Jr. V., Prejean, P., Perry, H., Warren, J., Steele, P., Wagner, T., & Heath, S. (2001). Length-based estimates of total mortality for Gulf of Mexico blue crab. In V. Guillory, H. Perry & S. Vander Kooy (Eds.), *Proceedings: Blue Crab Mortality Symposium* (pp. 42-49). Gulf States Marine Fisheries Commission Publication 90. Ocean Springs, Mississippi.
- Rodríguez-Castro, J. H., Adame-Garza, J. A., & Olmeda de la Fuente, S. E. (2010). La actividad pesquera en Tamaulipas: Ejemplo Nacional. *CienciaUAT*, 16(2), 28-35.
- Rosas-Correa, C. O., & de-Jesús-Navarrete, A. (2008). Parámetros poblacionales de la jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(2), 247-253.
- Rosenberg, A. A., & Beddington, J. R. (1987). Monte-Carlo testing of methods for estimating growth from length-frequency data with general conditions for their applicability (pp 283-298). In *Length-based methods in fisheries research*. ICLARM Conference Proceedings, 13, Manila.
- Rothschild, B. J., Stagg, C. M., Knotts, K. S., DiNardo, G. T. & Chai, A. (1988). *Blue crab stock dynamics in Chesapeake Bay*. Final Report submitted to Maryland Department of Natural Resources and the Chesapeake Bay Stock Assessment Committee, March 1988.
- Rugolo, L. J., Knotts, K. S., Lange, A. M., & Crecco, V. A. (1998). Stock assessment of Chesapeake Bay blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun). *Journal Shellfish Research*, 17, 906-930.
- Schweitzer, M. D. & Withers, K. (2009). Size and distribution of blue crabs (*Callinectes sapidus*) with regard to salinity in the upper Nueces, Estuary, Texas. *Gulf of Mexico Science*, 2, 131-134.
- Sheperd, J. G. (1987a). Towards a method for short-term forecasting of catch rates based on length compositions (pp. 167-176). In *Length-based methods in fisheries research*. ICLARM Conference Proceedings, 13, Manila.
- Shepherd, J. G. (1987b). A weakly parametric method for estimating growth parameters from length composition data (pp. 113-119). In *Length-based methods in fisheries research*. ICLARM Conference Proceedings, 13, Manila.
- Smith, S. G. (1997). *Models of crustacean growth dynamics* (PhD Thesis). University of Maryland, College Park, Maryland.
- SPP. Secretaría de Programación y Presupuesto. (1981). *Atlas Nacional del Medio Físico*. México, pp. 80-97.

- Sumer, C., Teksam, I., Karatas, H., Bayhan, T., & Mendes-Aydin, C. (2013). Growth and reproduction biology of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, in the Beymelek Lagoon (Southwestern Coast of Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13, 675-684.
- Van Engel, W. A. (1958). The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay. Part I. Reproduction, early development, growth, and migration. *Commercial Fisheries Review*, 20, 6-17.
- Velázquez-de la Cruz, G., Ramírez-de León, J. A., Pérez-Castañeda, R., Reyez-López, M. A., & Martínez-Vázquez, A. V. (2012). *Aprovechamiento de la jaiba azul (Callinectes sapidus) en la Laguna Madre de Tamaulipas*. México, D.F.: Editorial Plaza y Valdez, S.A. de C.V.
- Von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, 10, 181-213.
- Yáñez, A. & Schlaepfer, C. J. (1968). Composición y distribución de los sedimentos recientes de la Laguna Madre, Tamaulipas. *Boletín del Instituto de Geología. UNAM*, 84, 5-34.
- Zar, J. H. (1974). *Biostatistical Analysis*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Zar, J. H. (1996). *Biostatistical Analysis*. 3a Edición. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.