

Crecimiento individual y longitud de primera madurez de *Callinectes arcuatus* en Marismas Nacionales, Nayarit, México

Gilberto Genaro Ortega-Lizárraga*, Guillermo Rodríguez-Domínguez**, Raúl Pérez-González** y Eugenio Alberto Aragón-Noriega***

La pesquería de jaiba en el estado de Nayarit, México, está en desarrollo y se tiene poca información para el manejo adecuado del recurso. Durante la temporada que va de junio a diciembre de 2014 se realizaron muestreos biológicos mensuales de jaiba azul, *Callinectes arcuatus*, desembarcada en Marismas Nacionales, Nayarit. Se hicieron mediciones de peso total (PT) y ancho de caparazón (AC) a 853 organismos. Para 389 hembras el AC varió entre 55.0 y 112.1 mm, con una relación $PT = 0.0002 \cdot AC^{2.810}$; para 464 machos con longitudes de 49.6 a 115.0 mm, la relación fue $PT = 0.00007 \cdot AC^{3.037}$. Para calcular los parámetros de crecimiento individual se utilizaron cinco variaciones del modelo de Schnute, uno de ellos equivalente al modelo de von Bertalanffy. De acuerdo con el criterio de información de Akaike, el mejor modelo fue el Caso 4, con una longitud asintótica ponderada de $AC_{\infty} = 137.25$ mm y coeficiente de crecimiento de $k = 0.83/\text{año}$. Mediante un modelo logístico se estimó una longitud de primera madurez (AC_{50}) mayor en machos (79.7 mm) que en hembras (78.65 mm).

Palabras clave: Crecimiento, jaiba, multi-modelo, Akaike, reproducción.

Individual growth and first maturity length of *Callinectes arcuatus* in Marismas Nacionales, Nayarit, Mexico

Currently the crab fishery in the state of Nayarit is under development, yet basic fishery and biological data are needed to allow a proper management. The blue crab, *Callinectes arcuatus*, was sampled monthly during the fishing season from June to December 2014 from commercial catches in Marismas Nacionales, Nayarit, Mexico. Carapace width (AC) and total weight (PT) were measured for a total of 853 crabs; 389 were females with sizes ranging between 55.0 and 112.1 mm AC, and a length weight relation $PT = 0.0002 \cdot AC^{2.810}$; 464 males sizes ranged between 49.6 to 115.0 mm AC with $PT = 0.00007 \cdot AC^{3.037}$. Individual growth was analyzed using five variations of Schnute's model, one of which is the equivalent of the von Bertalanffy growth model. Based on the Akaike Information Criterion, the best model was the Case 4, with a weighted asymptotic length of $AC_{\infty} = 137.25$ mm AC and a growth coefficient of $k = 0.83/\text{year}$. A logistic model determined that the length at first maturity (AC_{50}) was larger in males (79.7 mm) than in females (78.65 mm).

Key words: Growth, swimming crab, multi-model, Akaike, reproduction.

Introducción

La jaiba azul *Callinectes arcuatus* Ordway 1863 habita en el litoral del océano Pacífico desde Los Ángeles, California, hasta Mollenda, Perú, e islas Galápagos (Hendrickx 1984). En eventos cli-

máticos como “El Niño” puede extenderse hasta la zona norte de las costas chilenas (Fischer y Wolff 2006). El ciclo de vida de la especie indica que los adultos viven y se aparean en lagunas costeras y estuarios (Hernández-Moreno 2000); las hembras ovígeras emigran hacia las bocas de estos sistemas en donde se presenta la liberación de huevecillos fertilizados, para su eclosión. Posteriormente, las larvas zoeas se dispersan hacia el mar abierto y se transforman en larvas megalopas, que ingresan de nuevo a los sistemas costeros donde crecen hasta alcanzar la fase adulta (Sánchez-Ortiz y Gómez-Gutiérrez 1992).

La estructura de ancho de cefalotórax (AC) de *C. arcuatus* que habita a lo largo de la costa

* Centro Regional de Investigación Pesquera - Ensenada. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. Carretera Tijuana-Ensenada km 97.5, El Sauzal de Rodríguez. Ensenada, Baja California. México. CP 22760. gengil@hotmail.com

** Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa, México. CP 82000.

*** Unidad Sonora del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Estero de Bacoahibampo, Guaymas, Sonora. México. CP 85454.

del Pacífico mexicano, es muy variable. En Sinaloa se ha reportado el AC entre 32 y 125 mm, alcanzando pesos de dos a 163 g (Paul 1981, Salazar-Navarro *et al.* 2002¹, Ortega-Lizárraga 2012, Rodríguez-Domínguez 2014). En las costas de Sonora y Chiapas se han registrado AC de 31 a 130 mm, con pesos de entre cuatro y 138.6 g (Nevárez-Martínez *et al.* 2003, Ramos-Cruz 2008).

La longitud de primera madurez (AC_{50}) es un parámetro importante en el manejo de una pesquería, ya que es un referente para definir la longitud de primera captura (Rodríguez-Félix *et al.* 2015). Sin embargo, son pocos los trabajos que lo han definido para la jaiba azul en las costas del Pacífico. Se han registrado AC_{50} entre 64.8 y 95 mm, siendo las hembras las que alcanzan una AC_{50} en longitudes menores que en machos (Ramírez-Félix *et al.* 2003, Nevárez-Martínez *et al.* 2003, Fischer y Wolff 2006, Ortega-Lizárraga 2012, Rodríguez-Domínguez 2014).

Actualmente en México se han registrado 34 334 t de jaiba en la captura comercial, siendo Sinaloa y Sonora los estados que más capturas registran con más de 50%, que alcanza un valor mayor a 429 millones de pesos (CONAPESCA 2015). La incorporación de *C. arcuatus* a la pesquería de jaiba en Nayarit es muy reciente y no se cuenta con la información biológica y de la dinámica poblacional que sustente su manejo adecuado, es por esto que en el presente estudio se estimaron parámetros poblacionales de gran importancia biológica y pesquera, como el crecimiento y la AC_{50} , con el objeto de fortalecer el conocimiento biológico de la especie en Nayarit, México.

Materiales y métodos

Se realizaron muestreos biológicos de jaiba, de junio a diciembre de 2014, ya que en estos meses la presencia de estos organismos es de mayor abundancia en la zona de muestreo, capturados

con trampas tipo “Chesapeake”, en Marismas Nacionales, que se localiza al noroeste del estado de Nayarit, México, en los municipios de Santiago Ixcuintla, Tuxpan, Rosamorada, Tecuala y Acaponeta (Fig. 1). La zona cuenta con más de 133 mil hectáreas y su temperatura media anual es de 26 a 28 °C, con temperatura máxima promedio anual de 30 a 34 °C (SEMARNAT 2013).

Se realizó un análisis de regresión lineal de los logaritmos naturales del AC y del peso total (PT) separado por sexos (asumiendo normalidad en los datos). La intersección (a) y la pendiente (b) de la regresión lineal se utilizaron para establecer la relación potencial entre la longitud del AC y el PT de la siguiente forma:

$$PT = e^{(\text{intersección}) \cdot AC^{\text{pendiente}}}$$

$$PT = a \cdot AC^b \quad \text{Ec. 1}$$

Los intervalos de confianza a 95% de los parámetros a y b (designados aquí como Φ) fueron estimados con el error típico (ET) de las medias de a y b (Zar 1999):

$$IC = \Phi \pm ET \cdot t_{n-1(95\%)} \quad \text{Ec. 2}$$

Si el intervalo de confianza b no incluyó el tres, se consideró que el crecimiento era alométrico; en caso contrario, se consideró isométrico. Si b es mayor a tres, es alométrico positivo, y si b es menor a tres, es alométrico negativo (Ricker 1975).

Se realizó un análisis de frecuencia de AC de *C. arcuatus* por intervalos de tres milímetros. Se aplicó un modelo multinomial para identificar los grupos de edad, así como el AC promedio y la desviación estándar de cada grupo de acuerdo con el siguiente modelo (Sparre y Venema 1998):

$$F_i = \sum_{a=1}^n \left[\frac{1}{\sigma_a \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \mu_a)^2}{2\sigma_a^2}} \right] \cdot P_a \quad \text{Ec. 3}$$

donde: x_i es la longitud media de cada grupo de longitud i , μ_a , es la longitud media de la cohorte a , σ_a , es la desviación estándar de la longitud en la cohorte a , P_a , es el peso de la cohorte a y F_i es la frecuencia total del grupo de longitud i en toda la cohorte.

1. Salazar-Navarro I, V Macías-Sánchez, A Ramos-González. 2002. Estado que guarda la pesquería de jaiba *Callinectes* spp., en las bahías de Topolobampo y Navachiste, Sinaloa. Período: febrero a octubre de 1999. Informe técnico (Documento interno). Centro Regional de Investigación Pesquera Mazatlán, Instituto Nacional de Pesca. 67p.

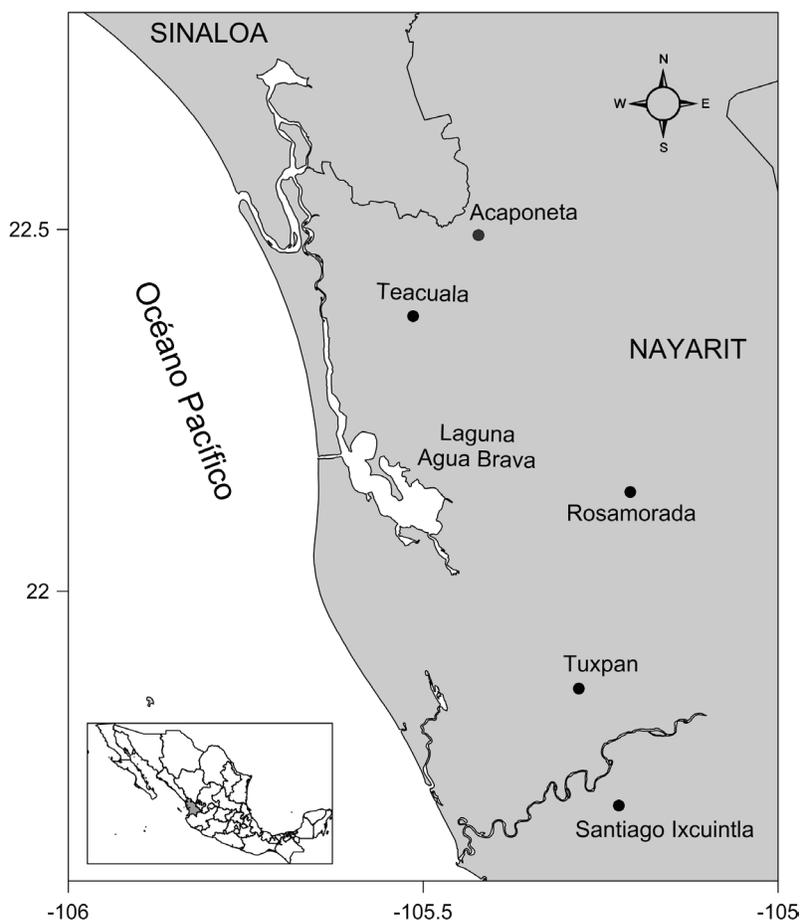


Fig. 1. Zona de captura de *Callinectes arcuatus* en Marismas Nacionales, Nayarit, México.

Para el ajuste se utilizó el método de máxima verosimilitud (Hilborn y Mangel 1997):

$$LL\{X|\mu_a, \sigma_a, P_a\} = -\sum_{i=1}^n F_i \ln \left(\frac{F_i}{\sum F_i} \right) \cdot [\sum f_i - \sum F_i]^2$$

Ec. 4

donde: $LL\{X|\mu_a, \sigma_a, P_a\}$ es el valor de probabilidad de los parámetros μ_a , σ_a y P_a , f_i es la frecuencia total observada del grupo en la longitud i y F_i es la frecuencia total esperada del grupo de talla i acorde con el modelo multinomial.

El índice de separación de medias (Sparre y Venema 1998) se determinó mediante el modelo:

$$I.S. = 2 \cdot \frac{(\mu_2 - \mu_1)}{(\sigma_1 + \sigma_2)}$$

Ec. 5

Al mismo tiempo se estableció el número de modas más probables mediante el criterio de in-

formación de Akaike (AIC) (Burnham y Anderson 2002). El valor más pequeño del índice de información de Akaike corregido para muestras pequeñas (AIC_C) fue interpretado como el mejor ajuste:

$$AIC_C = 2(k - LL) + (2k(k + 1))/(n - k - 1)$$

Ec. 6

Para estimar los parámetros del crecimiento individual de *C. arcuatus* se utilizaron cinco casos del modelo de Schnute (1981), que contempla un caso especial equivalente de la función de crecimiento de von Bertalanffy, modificado por Montgomery *et al.* (2010), para aplicarlo al seguimiento de longitudes medias por intervalos de tiempo. Los modelos candidatos para describir el crecimiento fueron:

Caso 1: $k \neq 0$ y $\gamma \neq 0$

$$Y_{2j} = [Y_{1j}^\gamma e^{-k\Delta t_j} + \varepsilon^\gamma (1 - e^{-k\Delta t_j})]^{1/\gamma} \quad \text{Ec. 7}$$

Caso 2: $k \neq 0$ y $\gamma = 0$

$$Y_{2j} = \exp[\ln(Y_{1j})e^{-k\Delta t_j} + \ln(\varepsilon) (1 - e^{-k\Delta t_j})] \quad \text{Ec. 8}$$

Caso 3: $k = 0$ y $\gamma \neq 0$

$$Y_{2j} = (Y_{1j}^\gamma + \varepsilon^\gamma \Delta t_j)^{1/\gamma} \quad \text{Ec. 9}$$

Caso 4: $k = 0$ y $\gamma = 0$

$$Y_{2j} = Y_{1j} \varepsilon^{\Delta t_j} \quad \text{Ec. 10}$$

Caso 5: $k \neq 0$ y $\gamma = 1$

$$Y_{2j} = [Y_{1j} e^{-k\Delta t_j} + \varepsilon (1 - e^{-k\Delta t_j})] \quad \text{Ec. 11}$$

donde: Y_1 y Y_2 son las longitudes medias de la cohorte t_j y t_{j+1} , k es un parámetro de crecimiento con unidades de año^{-1} , γ está relacionada con el punto de inflexión de la curva de crecimiento, Δt es el tiempo transcurrido entre t_j y t_{j-1} , y ε en los casos 1, 2 y 5 es una longitud máxima asintótica equivalente a la L_∞ del modelo de von Bertalanffy.

La máxima verosimilitud (Hilborn y Mangel 1997) de los datos, dados los parámetros considerados en cada caso del modelo, se estimó con el algoritmo de Newton (Haddon 2001).

$$LL = -\frac{n}{2} [\ln 2\pi + 2 \ln \sigma + 1] \quad \text{Ec. 12}$$

Considerando error aditivo y multiplicativo:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (L_{t_{\text{obs}}} - L_{t_{\text{esp}}})^2}{n}} \quad \text{Ec. 13}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\ln L_{t_{\text{obs}}} - \ln L_{t_{\text{esp}}})^2}{n}} \quad \text{Ec. 14}$$

La selección del mejor modelo se basó en el AIC_C .

$$AIC_C = AIC + (2k(k + 1))/(n - k - 1) \quad \text{Ec. 15}$$

donde: $AIC = 2 \cdot (k - LL)$, LL es la máxima verosimilitud y k es el número de parámetros esti-

mados en cada caso y n es el número de observaciones.

El modelo con el menor índice de Akaike ($AIC_{C, \text{min}}$) fue elegido como el mejor (Burnham y Anderson 2002). Las diferencias de AIC_C (Δi) se calcularon para todos los modelos candidatos utilizados, expresadas de la siguiente forma:

$$\Delta i = AIC_{C,i} - AIC_{C, \text{min}} \quad \text{Ec. 16}$$

Para determinar la plausibilidad o el peso de cada modelo, dados los datos y el conjunto de los modelos candidatos, se calculó el “peso de Akaike” de cada modelo (w_i), donde:

$$w_i = \frac{\exp(-0.5 \Delta i)}{\sum_{k=1}^5 \exp(-0.5 \Delta i)} \quad \text{Ec. 17}$$

Para determinar la longitud a la que 50% de la población está madura, se tabularon las proporciones de jaibas maduras por sexos, por intervalo de longitud y se ajustaron a un modelo logístico de la forma siguiente:

$$\widehat{pm}_i = \frac{1}{1 + e^{\left(\frac{-(L_i - AC_{50})}{v}\right)}} \quad \text{Ec. 18}$$

donde: Pm_i es la proporción de jaibas maduras en la longitud L_i , AC_{50} es la longitud de primera madurez y v es un parámetro de ajuste del modelo.

El modelo se ajustó mediante el método de máxima verosimilitud:

$$-LL = \sum_{i=1}^n \left[m_i \ln \left(\frac{pm_i}{1 - pm_i} \right) + n_i \ln(1 - pm_i) + \ln \binom{n_i}{m_i} \right] \quad \text{Ec. 19}$$

donde: n = número total de organismos de la clase i y m = número de organismos maduros en la clase i .

Resultados

Estructura de longitudes y peso poblacional de *Callinectes arcuatus*

Se analizaron 853 organismos *C. arcuatus*, que se distribuyeron entre 49.6 y 115.4 mm AC, con peso total de 11 a 122 g. Para el caso específico

de hembras se analizaron 389, con AC entre 55.0 y 112.1 mm, mientras que se examinaron 464 machos con un AC de 49.6 a 115.0 mm (Fig. 2). Se encontraron diferencias significativas entre sexos ($t = 22.12$, $p < 0.05$). Sólo en diciembre, el porcentaje de organismos mayores a los 95 mm, propuesto por la NOM-039 como longitud de primera captura, fue más alto por 51.3%; no obstante, solamente 34.5% de la evaluación total fue mayor a 95.0 mm (Tabla 1).

Tabla 1
Estructura de longitudes de jaiba azul *Callinectes arcuatus* menores y mayores a 95.0 mm (%)

	<95 mm	>95 mm
Junio	65.05	34.95
Julio	59.49	40.51
Septiembre	77.04	22.96
Octubre	75.00	25.00
Noviembre	54.55	45.45
Diciembre	48.72	51.28
Total	65.53	34.47

Relación ancho de cefalotórax-peso total

Se utilizó el modelo potencial para analizar la relación de las variables de AC y PT para sexos por separado. En el caso de hembras, la ecuación fue $PT = 0.0002 \cdot AC^{2.810}$ con intervalos de confianza a 95% de $1.47 \cdot 10^{-4}$ a $2.81 \cdot 10^{-4}$ para a y de 2.74 a 2.88 para b . Como el intervalo de confianza de b no incluyó el tres, se concluye que el crecimiento

de las hembras es del tipo alométrico negativo ($t = 75.10$, $p < 0.05$). En los machos, el modelo fue $PT = 0.00007 \cdot AC^{3.037}$ y los intervalos de confianza a 95% fueron $5.09 \cdot 10^{-5} - 1.01 \cdot 10^{-4}$ para a y de 2.96 a 3.11 para b . En este caso, el intervalo de confianza de b incluyó el tres, por lo que se concluyó que el crecimiento de los machos es del tipo isométrico ($t = 78.12$, $p > 0.05$) (Fig. 3).

Crecimiento

En la estructura de AC mensual, con base en una distribución multinomial, se identificaron un mínimo de dos cohortes en junio y noviembre, y máximo tres cohortes en julio, septiembre, octubre y diciembre de 2014. Dando seguimiento a estas cohortes en el tiempo para estimar el crecimiento y considerando los incrementos de longitud y de tiempo, se encontró que organismos que presentaron longitudes de 89.6 mm en el mes de junio llegan a alcanzar longitudes hasta de 96.9 mm en julio. En el mes de julio se pueden encontrar organismos de 68.25 mm que pueden alcanzar longitudes mayores a 98.45 mm en diciembre. Mientras que organismos presentes en octubre con longitudes de 50.5 mm llegan a alcanzar 56.5 mm en diciembre (Fig. 4).

Se determinó que el modelo con estructura de error aditivo explica mejor los datos que el multiplicativo como lo confirma el menor índice de Akaike (Tabla 2). Y no obstante que el Caso 4 fue el mejor, también los Casos 2 y 5 aportan valiosa información sobre el crecimiento como

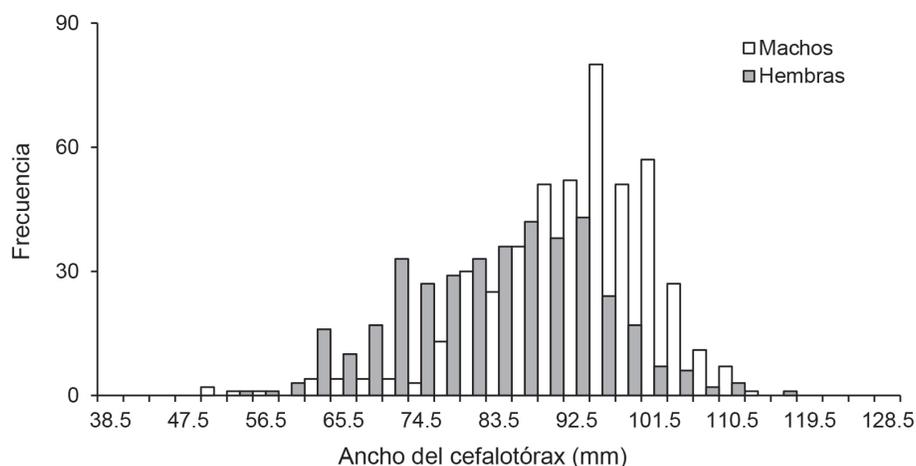


Fig. 2. Distribución de frecuencia de *Callinectes arcuatus* por sexos separados, en la zona de Marismas Nacionales, Nayarit, México.

se muestra en la plausibilidad ω_i de 22.64% y 20.98% versus 32.96% del mejor caso (Tabla 3).

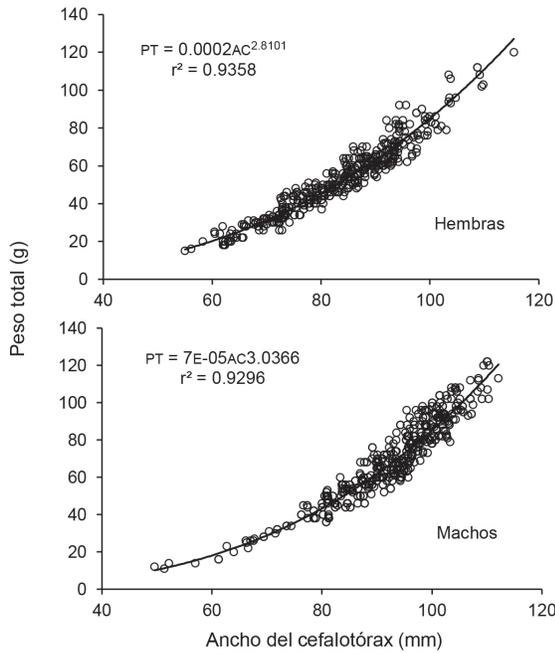


Fig. 3. Relación ancho de cefalotórax (AC)-peso total (PT) en hembras y machos de la jaiba azul *Callinectes arcuatus*.

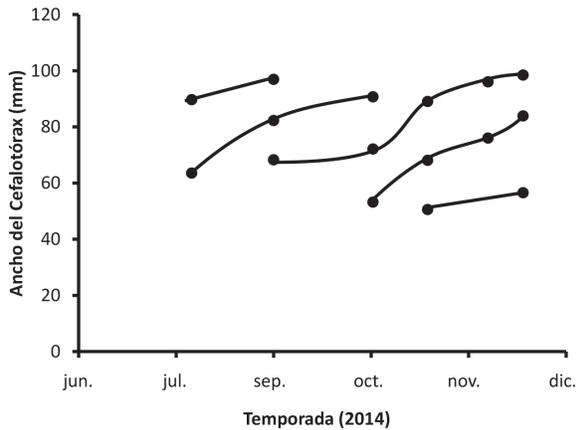


Fig. 4. Seguimiento modal de la jaiba azul *Callinectes arcuatus*.

Los parámetros de crecimiento y sus intervalos de 95% de confianza, considerando una estructura de error aditivo, se muestran en la *tabla 4*. Los Casos 2 y 5, que fueron los de mayor plausibilidad, donde el parámetro ϵ es equivalente a la longitud asintótica del modelo de von Bertalanffy, arrojaron una longitud asintótica ponderada de 137.25 milímetros.

Tabla 2

Valores de AIC de casos del modelo de Schnute (1981) de *Callinectes arcuatus* utilizando errores aditivo y multiplicativo

	Tipo de error	
	Multiplicativo	Aditivo
Caso 1	81.61	78.93
Caso 2	77.79	75.29
Caso 3	78.14	75.56
Caso 4	77.82	74.53
Caso 5	77.94	75.44

Tabla 3

Valores AIC y ω_i % para selección del mejor caso de crecimiento de *Callinectes arcuatus*

	AIC	Δ_{AIC}	$e^{\Delta_{AIC}}$	ω_i %
Caso 1	78.93	4.39	0.11	3.66
Caso 2	75.29	0.75	0.69	22.64
Caso 3	75.56	1.02	0.60	19.75
Caso 4	74.53	0.00	1.00	32.96
Caso 5	75.44	0.90	0.64	20.98

Longitud de primera madurez

La *figura 5* muestra la AC_{50} estimada para hembras y machos. En el caso de hembras, la AC_{50} se estimó en 78.65 mm, mientras que para machos fue ligeramente mayor con $AC_{50} = 79.57$ milímetros.

Discusión

La diferencia de AC entre hembras y machos analizada ha sido reportada para la especie en otras regiones, siendo los machos los que alcanzan mayor AC (112.1-115.4 mm), lo que se atribuye a la muda terminal que presentan las hembras cuando llegan a la madurez. En cambio, los machos siguen mudando y creciendo aun después de alcanzar la madurez sexual (Fischer y Wolff 2006, Ramos-Cruz 2008, Rodríguez-Domínguez 2014, Ortega-Lizárraga *et al.* 2016).

Los resultados obtenidos son similares a lo reportado para diversas regiones del Pacífico mexicano, en las que se han registrado longitudes de hasta 125.0 mm (Paul 1981, Salazar-Navarro *et al.* 2002¹, Ortega-Lizárraga 2012). Sin embargo, existen estudios que reportan AC superiores a lo registrado en el presente estudio, que alcanzan 140.0 mm de AC (Alcaraz 1980,

Tabla 4

Parámetros de crecimiento de *Callinectes arcuatus* para el modelo de casos de Schnute (1981), con intervalos de confianza a 95% (ic 95%)

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
k	7.65 (5.76-9.01)	2.16 (1.54-3.56)	0.00	0.00	0.93 (0.43-1.05)
γ	-4.35 (-5.76-3.05)	0.00	1.64 (0.09-2.65)	0.00	0.00
ε	103.41 (96.54-107.62)	130.43 (123.76-143.98)	109.59 (104.97-112.65)	2.88 (2.03-3.37)	168.57 (161.48-174.61)
AIC	78.93	75.29	75.56	74.53	75.44

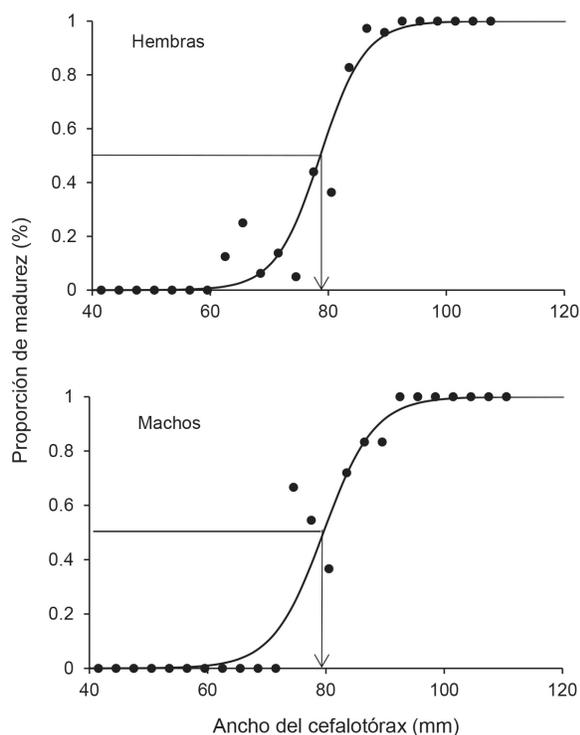


Fig. 5. Longitud de primera madurez (AC_{50}) para hembras y machos de la jaiba azul *Callinectes arcuatus*.

Hendrickx 1995, Nevárez-Martínez *et al.* 2003, Fischer y Wolff 2006, Hernández-Moreno y Arreola-Lizárraga 2007).

Se determinó que el crecimiento en hembras fue alométrico negativo, mientras que en machos fue isométrico. No obstante, existe mayor probabilidad de que se presente un crecimiento alométrico en ambos sexos, ya que en juveniles el crecimiento en AC es proporcionalmente mayor que en los adultos (tal vez ocasionado por el costo energético durante la reproducción). Además, es una estrategia de sobrevivencia crecer más en tamaño que en peso durante las primeras etapas

de vida (Ortega-Lizárraga 2012). En este sentido, Hartnoll (1982) señala que los crustáceos presentan crecimiento alométrico, por cambios en el crecimiento relativo entre diferentes partes de su cuerpo durante el periodo de postlarva hasta la fase adulta.

El número de cohortes de jaiba azul encontradas (dos a tres) en el presente estudio es similar a lo calculado por Rodríguez-Domínguez (2014) (ambos sexos) y Ortega-Lizárraga *et al.* (2016) (sólo machos), que reportaron un máximo de tres y cuatro cohortes, respectivamente, para la misma especie en la Bahía Santa María de la Reforma, Sinaloa. Sin embargo, no coincide con lo encontrado por Ortega-Lizárraga (2012), quien registró un máximo de siete cohortes en enero de 2012 para sexos combinados.

El AC máximo asintótico ponderado (137.25 mm) calculado entre los modelos 2 y 5 (ya que el Caso 4 no representa un AC máximo) resultó ser mayor a lo mencionado por diversos estudios realizados en diferentes regiones del Pacífico mexicano. Se han reportado longitudes máximas entre 74.0 y 136.0 mm (Nevárez-Martínez *et al.* 2003, Gil-López 2006², Ortega-Lizárraga 2012, Rodríguez-Domínguez 2014), pero menores a lo calculado por Estrada-Valencia (1999), Ramírez-Félix *et al.* (2003), Hernández-Moreno y Arreola-Lizárraga (2007), Ramos-Cruz (2008) y López-Martínez *et al.* (2014), que reportaron AC

- Gil-López HA. 2006. Aspectos ecológicos, biológicos y pesqueros de las jaibas (*Callinectes* spp.) en el sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. Avances de investigación para obtener el grado de Maestro en Ciencias en el Área de Ciencias Biológico Agropecuarias. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. San Blas, Nay. 57p.

de hasta 150.0 mm para *C. arcuatus*, y mayor a lo registrado por Fischer y Wolff (2006) en Costa Rica (142.0 mm), a partir de diferentes métodos de estimación de longitud máxima asintótica.

Se determinó una AC_{50} de *C. arcuatus* de 78.65 y 79.57 mm (hembras-machos), mayor a la calculada por otros autores, que indicaron que la AC_{50} se alcanza en periodos de tiempo cortos (entre tres y cuatro meses) con longitudes de entre 58.0 y 68.72 mm (Estrada-Valencia 1999, Fischer y Wolff 2006, Ortega-Lizárraga 2012, Rodríguez-Domínguez 2014). Esto resulta una ventaja para la especie, ya que las longitudes comerciales son más grandes (90.0 mm aproximadamente) y, por tanto, la pesquería no afecta la reproducción de esta especie. Diversos estudios han estimado valores más grandes de AC_{50} , con respecto a los del presente trabajo, que van de 82.0 a 90.0 mm, basados en la mediana de las hembras maduras (50% de frecuencia acumulada) y no en la longitud donde la probabilidad de madurez es de 50%, como en el presente estudio (Gil-López y Sarmiento 2001³, Nevárez-Martínez *et al.* 2003, Ramírez-Félix *et al.* 2003, Ramos-Cruz 2008).

En este estudio, la AC_{50} es menor al tamaño de primera captura señalado en la NOM-039 (DOF 2005), que es de 95.0 mm. Estos resultados servirán para fortalecer el conocimiento básico de la especie en Marismas Nacionales Nayarit, México.

Conclusiones

- Se determinó que la jaiba azul *C. arcuatus* es de rápido crecimiento.
- No obstante que el Caso 4 para el análisis de crecimiento fue el de mejor ajuste (según su AIC), los Casos 2 y 5 aportan valiosa información, por tanto, fue conveniente calcular un valor ponderado de ϵ , que se obtuvo sumando ϵ de cada modelo por su respectivo peso

(ω_i), alcanza una AC máxima ponderada de 137.25 mm.

- Se determinó que la AC_{50} es mayor en machos que en hembras con 79.70 y 78.65 mm, respectivamente (en ambos casos menor a la longitud de primera captura propuesta en la NOM-039).

Literatura citada

- Alcaraz TJN. 1980. Contribución al conocimiento de la biología y algunos aspectos pesqueros de dos especies de jaibas *Callinectes arcuatus* Ordway y *Callinectes toxotes* Ordway, de la laguna de El Caimanero, Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) - Instituto Politécnico Nacional. La Paz, BCS. 107p.
- Burnham KP, DR Anderson. 2002. *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach*. 2nd ed. Springer, New York. 43p.
- CONAPESCA. 2015. Anuarios estadísticos pesqueros 1996-2014 (www.conapesca.gob.mx). Estadísticas pesqueras.
- DOF. 2005. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-039-PESC-2003, pesca, responsable de jaiba en aguas de jurisdicción federal del litoral del océano Pacífico. Especificaciones para su aprovechamiento. *Diario Oficial de la Federación*. México. 24 de noviembre de 2005.
- Estrada-Valencia A. 1999. Aspectos poblacionales de la jaiba *Callinectes arcuatus* Ordway 1863, en la laguna de Cuyutlán, Colima, México. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, Colima, México. 68p.
- Fischer S, M Wolff. 2006. Fisheries assessment of *Callinectes arcuatus* (Brachyura, Portunidae) in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Fisheries Research* (77): 301-311.
- Haddon M. 2001. *Modelling and quantitative methods in fisheries*. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, FL. 406p.
- Hartnoll RG. 1982. *The biology of Crustacea*. Academic Press, New York, EU. 440p.
- Hendrickx ME. 1984. Studies of the coastal marine fauna of southern Sinaloa, México. II. The decapod crustaceans of estero El Verde. *Anales Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 11(1): 23-48.
3. Gil-López HA, S Sarmiento. 2001. Algunos aspectos biológicos y pesqueros de las jaibas (*Callinectes* spp.) en el sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas. Informe técnico (Documento interno). Centro Regional de Investigación Pesquera - Salina Cruz, Oaxaca. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 41p.

- Hendrickx ME. 1995. Checklist of brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda from the eastern tropical Pacific. *Biologie* 65: 125-150.
- Hernández-Moreno LG. 2000. Aspectos sobre la ecología y biología de las *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* en la laguna costera Las Guásimas, Sonora, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Norte (CIBNOR), La Paz. BCS. 89p.
- Hernández-Moreno L, J Arreola-Lizárraga. 2007. Estructura de tallas y crecimiento de los cangrejos *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* (Decapoda: Portunidae) en la laguna costera Las Guásimas, México. *Revista de Biología Tropical* 55(1): 225-233.
- Hilborn R, M Mangel. 1997. *The ecological detective. Confronting models with data*. Princeton University Press. New Jersey. 317p.
- López-Martínez J, L López-Herrera, JE Valdez-Holguín, CH Rábago-Quiroz. 2014. Population dynamics of the swimming crabs *Callinectes* (Portunidae) components of shrimp bycatch in the eastern coast of the Gulf of California. *Biology Marine and Oceanography* 49(1): 17-29.
- Montgomery S, C Walsh, M Haddon, C Kesby, D Johnson. 2010. Using length data in the Schnute model to describe growth in a metapenaeid from waters off Australia. *Marine and Freshwater Research* 61: 1435-1445.
- Nevárez-Martínez MO, J López-Martínez, C Cervantes-Valle, E Miranda-Mier, A Morales, M Anguiano-Carrasco. 2003. Evaluación biológica y pesquera de las jaibas *Callinectes bellicosus* y *Callinectes arcuatus* (Brachyura: Decapoda: Portunidae) en las bahías de Guásimas y Lobos, Sonora, México. En: ME Hendrickx (ed.). *Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico este 2*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, pp: 125-138.
- Ortega-Lizárraga GG. 2012. Evaluación de la pesquería de la jaiba azul *Callinectes arcuatus* (Ordway 1863) de la Bahía de Santa María la Reforma. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. 50p.
- Ortega-Lizárraga GG, G Rodríguez-Domínguez, R Pérez-González, N Castañeda-Lomas, EA Aragón-Noriega. 2016. Estimation of growth parameters of male blue crabs *Callinectes arcuatus* (Brachyura: Portunidae) from the Gulf of California using the Schnute model. *Latin American Journal Aquatic Research* 44(2): 371-379.
- Paul RKG. 1981. The development of a fishery for portunid crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Brachyura) in Sinaloa. Universidad Nacional Autónoma de México, Estación Mazatlán, Sin., México. 78p.
- Ramírez-Félix E, J Singh-Cabanillas, L Gil, N Sarmiento, G Salazar, L Montemayor, J García, D Rodríguez, L Castañeda. 2003. *La pesquería de jaiba (Callinectes spp.) en el Pacífico mexicano: Diagnóstico y propuesta de regulación*. Instituto Nacional de la Pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 54p.
- Ramos-Cruz S. 2008. Estructura y parámetros poblacionales de *Callinectes arcuatus* Ordway 1863 (Decapoda: Portunidae), en el sistema lagunar La Joya-Buenavista, Chiapas, México. Julio a diciembre de 2001. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 3(3): 259-268.
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada* 191: 1-382.
- Rodríguez-Domínguez G. 2014. Análisis comparativo de las características biológicas y dinámica poblacional de las jaibas *Callinectes bellicosus* y *C. arcuatus* en la Bahía Santa María de la Reforma, Sinaloa. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México. 130p.
- Rodríguez-Félix D, MÁ Cisneros-Mata, EA Aragón-Noriega, JA Arreola-Lizárraga. 2015. Talla de primera madurez de jaiba café *Callinectes bellicosus* en cinco zonas del Golfo de California. *Ciencia Pesquera* 23: 5-14.
- Sánchez-Ortiz CA, M Gómez-Gutiérrez. 1992. Distribución y abundancia de los estadios planctónicos de jaiba *Callinectes bellicosus* (Decapoda: Portunidae), en el complejo lagunar de Bahía Magdalena, BCS., México. *Investigaciones Científicas de la Universidad Autónoma de Baja California* 3(1): 47-60.
- Schnute J. 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38: 1128-1140.
- SEMARNAT. 2013. *Programa de manejo Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit*. México. 204p.
- Sparre P, S Venema. 1998. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. *FAO Documento Técnico de Pesca*. N°. 306. 1 Rev.1. 440p.
- Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*. 4^a edition. Prentice Hall. EU. 662p.

Recibido: 4 de julio de 2016.

Aceptado: 24 de octubre de 2016.