

Variación en la abundancia, la reproducción y la estructura de tallas del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* en la bahía de Navachiste, Sinaloa, México

Horacio Alberto Muñoz-Rubí*✉, Darío Chávez-Herrera*, Fernando Villegas-Hernández*

Se analizaron datos de muestreos biológicos y de descargas de capturas de camarón azul realizados por la flota ribereña en el sistema lagunar de Navachiste, Sinaloa, de febrero a diciembre de 2015. La densidad relativa se obtuvo mediante la distribución-delta (Δ) y la mayor densidad media en agosto con 0.95 kg/ha. La madurez gonadal de las hembras se determinó utilizando la escala morfo cromática; las hembras presentaron el mayor porcentaje de organismos maduros en abril (16.7%). La proporción de hembras:machos fue 1.3:1. La estructura de tallas fue analizada a partir del modelo de distribución multinomial registrando que el camarón azul presentó un intervalo de entre 50-230 mm de longitud total (Lt), identificando un máximo de seis grupos modales en junio. El valor de la pendiente de la relación peso-longitud fue $b = 3.175$, lo que indica un crecimiento alométrico positivo (prueba *t-Student*, $p > 0.05$, $t = 1.961$).

Palabras clave: *Litopenaeus stylirostris*, distribución delta- (Δ) , modelo multinomial.

Variation in abundance, reproduction and size structure of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* in Navachiste bay, Sinaloa, Mexico

Biological sampling data and captures of the blue shrimp of the coastal fleet in the Navachiste lagoon system, Sinaloa were analyzed from February to December 2015. The relative density was obtained through delta-distribution (Δ) estimator, and the highest average density was obtained in August with 0.947 kg/ha. Females' gonadal maturity was determined using morphochromatic scale, females showed the highest percentage of mature organisms in April (16.7%). The proportion of female: male was 1.3:1. Length structure was analyzed using the multinomial distribution model, the size range was between 50-230 mm total length (Lt), identifying a maximum of six modal groups in June. The slope value of the weight-length relationship was $b = 3.175$, indicating a positive allometric growth (*Student's-t-test*, $p > 0.05$, $t = 1.961$).

Key words: *Litopenaeus stylirostris*, delta- (Δ) distribution, multinomial model.

Introducción

Los camarones peneidos conforman pesquerías comerciales importantes en muchos países, en particular en regiones con climas tropicales y subtropicales (García y Le Reste 1981).

En México, la pesquería de camarón genera divisas por concepto de exportación de este producto, así como empleos que benefician a un amplio sector de la población pesquera nacional que se dedica a esta actividad y es su principal fuente de ingreso económico.

La zona norte de Sinaloa es una de las regiones importantes en el aspecto de producción pesquera, constituida por lagunas y bahías, áreas protegidas que representan sistemas ecológicos de alta productividad biológica, ya que proporcionan refugio y alimentación a organismos marinos con un ciclo que depende de las condiciones de estas áreas. Uno de estos ecosistemas es el lagunar de Navachiste, en donde la especie que predomina en las capturas es el camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1871), si bien también se obtienen camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) y camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900), aunque en una proporción muy baja.

El camarón azul vive la mayor parte del tiempo en zonas influenciadas por los deltas de ríos, estuarios o lagunas costeras, presenta dimorfismo sexual, madura y se reproduce en alta mar

* Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera-Mazatlán, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Calzada Sábalo-Cerritos s/n, Estero El Yugo, Mazatlán, Sinaloa, CP 82112. ✉Responsable de la correspondencia: horacio.munoz@inapesca.gob.mx

entre las cinco y 20 brazas de profundidad, sus huevos son demersales y después de eclosionar pasa por once estadios larvales: cinco *nauplios*, tres *zoeas*, tres *mysis* y postlarva. Como postlarva penetra en los estuarios y lagunas costeras con las corrientes y mareas, donde inicia su crecimiento hasta alcanzar tamaño juvenil y migra hacia el mar para completar su ciclo reproductivo (Sierra-Rodríguez *et al.* 2000). El camarón azul tiene gran relevancia económica y social para la región y el país, ya que representa una actividad ocupacional durante cinco meses, aproximadamente, y genera una importante derrama económica para la región (Muñoz-Rubí 2010).

El sistema lagunar Navachiste cuenta con relativamente pocos antecedentes de estudios sobre camarón; los trabajos realizados por otros autores, como Vicencio (1979), Páez-Osuna *et al.* (1991), Díaz *et al.* (1999¹), Escobedo-Urías *et al.* (1999), Magaña-Álvarez (2004) y Frías-Espéricueta *et al.* (2009), son destacados estudios sobre ictiología, contaminación, bacteriología e hidrología.

Los estudios sobre incidencia de postlarvas de camarón en el sistema son los realizados por Valenzuela-Quiñones *et al.* (2004), De Silva-Dávila *et al.* (2006), Zavala-Norzagaray (2006) y Barrón-Barraza (2010).

Sobre estructura de tallas y crecimiento de camarón azul se tiene el trabajo de Bush-Medina (2000). Algunos estudios acerca de abundancia son los de Chávez y Bush-Medina (2004²), Va-

lenzuela-Quiñonez (2007) y Muñoz-Rubí *et al.* (2013³, 2014⁴ y 2015⁵).

Por la importancia del recurso, el objetivo del presente trabajo fue estimar la abundancia, la reproducción y la estructura de tallas de camarón azul, lo que sirve de base para determinar el inicio y el cierre de la temporada de pesca, así como la evaluación del desarrollo de la pesquería una vez iniciadas las capturas.

Materiales y métodos

La bahía de Navachiste se localiza en la parte norte de la planicie costera del estado de Sinaloa, entre 25° 30' y 25° 60' N y 108° 45' y 109° 05' O; se ubica en los municipios de Guasave y Ahome. La superficie total que cubre el sistema es de 26 700 ha, tiene una longitud de 60 km en el eje de la costa, por unos 15 km de ancho; la bahía principal es Navachiste, que comprende 21 400 ha, y como subsistemas están la bahía de San Ignacio con 2 700 ha y la bahía de Macapule con 2 600 ha; tiene una profundidad promedio de 4 m y está semicerrado por una barrera arenosa de 23 km de largo llamada isla San Ignacio. La comunicación entre el Golfo de California y el sistema es franca y se realiza a través de dos bocas naturales: una denominada Ajoro, de 2 km de ancho, limitada al oeste por la sierra de Navachiste; la otra es la boca de Vasiquilla, con una amplitud de 1.5 km y ubicada entre la isla San Ignacio y la isla Macapule (Fig. 1).

1. Díaz GJM, A Gutiérrez M, G Lojero Z, CH Rábago Q, B Reyes C. 1999. Listado preliminar de la fauna ictiológica de la bahía de Navachiste, Sinaloa. *Resúmenes del VI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*, Mazatlán, Sin. del 17 al 19 de noviembre de 1999.
2. Chávez EA, RE Bush-Medina. 2004. Rendimiento del camarón azul, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871) en el sistema lagunar de Navachiste, Sinaloa, México. *Resúmenes del Tercer Foro de Camarón del Pacífico*. Instituto Nacional de Pesca/Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo/ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM. Mazatlán, Sin. del 27 al 29 de septiembre de 2004.

3. Muñoz-Rubí HA, D Chávez-Herrera, V Hernández-Covarrubias, R Chan-González, MA Osuna-Zamora. 2013. Evaluación de las poblaciones de camarón de los géneros *Litopenaeus* spp. y *Farfantepenaeus* spp. en el sistema lagunar Navachiste, Sinaloa, en 2012. Informe Técnico (documento interno). Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera-Mazatlán. México. 28p.
4. Muñoz-Rubí HA, D Chávez-Herrera, V Hernández-Covarrubias, R Chan-González. 2014. Análisis de las poblaciones de camarón de los géneros *Litopenaeus* spp. y *Farfantepenaeus* spp. en el sistema lagunar Navachiste, Sinaloa, en 2013. Informe Técnico (documento interno). Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera-Mazatlán. México. 29p.
5. Muñoz-Rubí HA, D Chávez-Herrera, F Villegas-Hernández, JE Lizárraga-Hernández. 2015. Abundancia y estructura poblacional de camarón de los géneros *Litopenaeus* y *Farfantepenaeus* en la bahía de Navachiste, Sinaloa, en 2014. Informe Técnico (documento interno). Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera-Mazatlán. México. 28p.

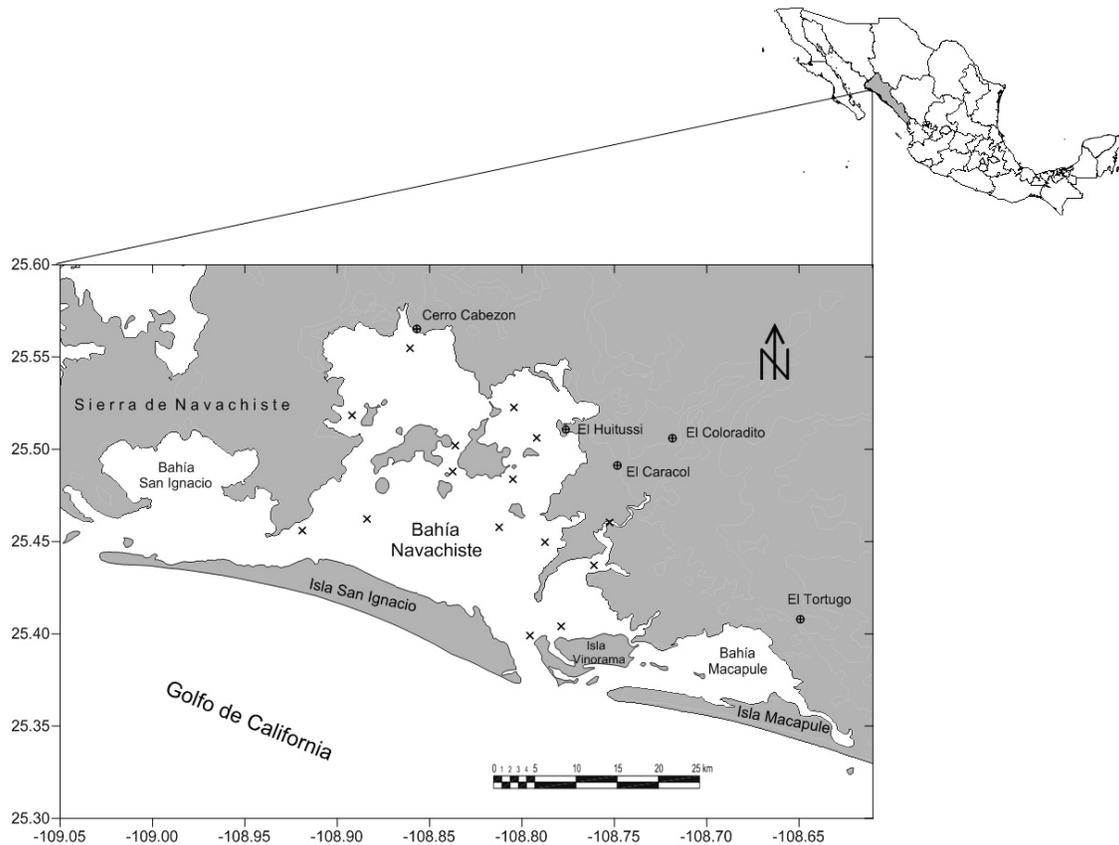


Fig. 1. Área de estudio y localización de las estaciones (x) de muestreo en la bahía Navachiste, Sinaloa.

Los datos provienen de dos fuentes de información: de muestreos de las descargas de capturas realizadas por la flota pesquera artesanal de septiembre a diciembre de 2015, y de muestreos biológicos realizados en la red de estaciones establecidas por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, a través del Programa Camarón, de febrero a agosto de 2015. Los arrastres se realizaron en fase de luna nueva, en un recorrido a bordo de embarcaciones de fibra de vidrio de tres metros de eslora y equipadas con motor fuera de borda marca Yamaha de 75 hp. El arte de pesca utilizado fue la atarraya suripera de 3.6 m de longitud y luz de malla de 3.0 cm. Los lances tuvieron una duración de 10 minutos. Se obtuvieron los datos de captura en kilogramos (kg), longitud total individual (Lt), peso total individual (Pt), y se sexaron. La madurez gonadal en hembras se determinó utilizando la escala mor-

focromática de Barreiro-Güemez (1986⁶), y se estimó la abundancia relativa.

Para el cálculo de la densidad se utilizó el método de área barrida, propuesto por Sparre y Venema (1997), con la siguiente fórmula:

$$a = D \cdot rs \cdot X2 \cdot D = V \cdot t \quad \text{Ec. 1}$$

Al modificar parcialmente la expresión matemática, queda como sigue:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso muestra}}{V \cdot t \cdot rs (\% \text{ abertura relinga superior})} \quad \text{Ec. 2}$$

6. Barreiro-Güemez T. 1986. Estudio sobre la madurez y desove de *Penaeus vannamei* y *P. californiensis* (Crustacea: Decapoda, Penaeidae) en la costa sur de Sinaloa. *Memorias del Primer Intercambio Académico sobre Investigaciones en el Mar de Cortés*. Hermosillo, Sonora, México. pp: 1-29.

Donde: V = velocidad, t = tiempo, rs = longitud de la relinga superior. Los valores de densidad se expresaron en kg/ha.

Estimación de la densidad

Los indicadores de densidad fueron tratados con una distribución-delta (Δ), que no se ve influenciada por los extremos y da un tratamiento particular a los lances sin captura (Pennington 1983, 1986, 1996).

De acuerdo con la metodología propuesta por Pennington (1986, 1996) es posible obtener estimadores de abundancia con base en el siguiente procedimiento. La varianza del estimador insesgado (denotado como c y d) para la media y la varianza se calcula como sigue (Pennington 1986, 1996, Pennington y Stromme 1998, Madrid-Vera *et al.* 2007, Morales-Bojórquez *et al.* 2008, 2012, Ingram *et al.* 2010, Muñoz-Rubí 2010, Cerdaneres-Ladrón de Guevara *et al.* 2012 y Zea-de la Cruz *et al.* 2016):

$$c \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(\bar{y}) G_m(S^2/2), m > 1 \\ \frac{x_1}{m}, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad \text{Ec. 3}$$

y

$$d \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2\bar{y}) \left\{ G_m(2S^2) - \left(\frac{m-1}{n-1} \right) G_m \left(\frac{m-2}{n-2} S^2 \right) \right\}, m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde: n es el número de muestras, m es el número de muestras con valores diferentes de cero; \bar{y} y S^2 son la media y la varianza de las muestras con valores diferentes de cero, expresados como \log_e , x_1 es un valor diferente de cero (no transformado) cuando $m = 1$, y $G_m(x)$ es una función de x y m expresada como:

$$G_m(x) = 1 + \frac{m-1}{m} x + \sum_{j=2}^{\infty} \frac{(m-1)^{2j-1} x^j}{m^j (m+1)(m+3)\dots(m+2j-3)j!} \quad \text{Ec. 5}$$

El estimador insesgado de varianza mínima de la varianza de $c(\text{var}_{est}(c))$ está dado por (Folmer y Pennington 2000):

$$\text{var}_{est}(c) \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2\bar{y}) \left\{ \frac{m}{n} G_m \left(\frac{S^2}{2} \right) - \left(\frac{m-1}{n-1} \right) G_m \left(\frac{m-2}{m-1} S^2 \right) \right\}, m > 1 \\ \left(\frac{x_1}{n} \right)^2, m = 1 \\ 0, m = 0 \end{cases} \quad \text{Ec. 6}$$

Cuando $n = m$, el estimador supone una distribución lognormal (Smith 1990, Lo *et al.* 1992, McConnaughey y Conquest 1992, Smith y Gavaris 1993, Conquest *et al.* 1996).

Para determinar si existen diferencias significativas en los valores de densidad promedio mensual, se realizó un análisis de varianza no paramétrico, debido a que los datos no cumplieron las condiciones de normalidad y homocedasticidad de varianza, aplicando la prueba de Kruskal-Wallis con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, utilizando el paquete estadístico Minitab 16.

Proporción sexual

La proporción sexual fue estimada dividiendo el número de hembras entre el número de machos y fue evaluada utilizando la prueba χ^2 de igualdad de dos porcentajes ($p < 0.05$) (Zar 1999).

Análisis de progresión modal

La estimación de las modas observadas en las distribuciones de tallas de las capturas se basó en el análisis de frecuencias de longitud total. Se utilizó una distribución multinomial de acuerdo con la siguiente función de densidad (Haddon 2001):

$$P\{x_i | n, p_1, p_2, \dots, p_k\} = n! \prod_i^k \frac{p_i^{x_i}}{x_i!} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde: x_i es el número de veces que un evento tipo i sucede en la muestra, n es el tamaño de la muestra, y p_i son las probabilidades separadas de cada uno de los eventos tipo k posibles. Para la estimación de los parámetros del modelo, es necesario transformar la ecuación previa en una

expresión de verosimilitud, así que la nueva expresión es la siguiente:

$$-\ln L \{x_i | n, p_1, p_2, \dots, p_k\} = \sum_{i=1}^k [x_i \ln(p_i)] \quad \text{Ec. 8}$$

El principal supuesto para la estimación de los parámetros es que la distribución de tallas para cada longitud promedio o modal puede ser analizada con una distribución normal, determinando que cada moda corresponde a una diferente cohorte en la población (Haddon 2001). En esta condición, las estimaciones de las proporciones relativas esperadas de cada categoría de longitud se describieron a partir de la siguiente función de densidad:

$$P_{LF} = \frac{1}{\sigma_F \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(L_k - \mu_F)^2}{2\sigma_F^2}} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde: μ_F y σ_F son la media y la desviación estándar de la distribución normal de cada cohorte. De tal forma, para estimar las frecuencias esperadas y los parámetros del modelo, es necesario contrastar los valores estimados y observados por medio de la siguiente función logarítmica de distribución multinomial (Haddon 2001):

$$-\ln L \{L | \mu_F, \sigma_F\} = -\sum_{i=1}^k L_i \ln(\hat{p}_i) = -\sum_{i=1}^k L_i \ln\left(\frac{\hat{L}_i}{\sum \hat{L}_i}\right) \quad \text{Ec. 10}$$

En esta expresión, los parámetros μ_F y σ_F corresponden a las medias y las desviaciones estándar de la longitud total que de las n medias presentes en la distribución de longitudes de cada periodo. Los parámetros del modelo fueron estimados cuando la función negativa logarítmica de verosimilitud (Ec. 10) fue minimizada con el algoritmo de búsqueda directa de Newton (Neter *et al.* 1996).

Relación longitud total-peso total

La relación longitud total-peso total se estimó para todos los organismos usando la técnica de regresión con el modelo potencial (Ricker 1975), con la siguiente ecuación:

$$PT = aLT^b \quad \text{Ec. 11}$$

Donde: a (intercepto) y b (pendiente) son las constantes del modelo, que fueron estimadas al maximizar la función de verosimilitud con la siguiente ecuación (Haddon 2001):

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

Se estimaron los intervalos de confianza (IC) de los parámetros del modelo potencial de la relación longitud total-peso total a partir de los perfiles de verosimilitud. Los IC fueron estimados suponiendo una distribución χ^2 , con m grados de libertad (Hilborn y Walters 1992).

El modelo estimó una ecuación de ajuste con su correspondiente coeficiente de determinación. En esta relación, si el valor de la constante b es igual a tres, el crecimiento es isométrico, siendo alométrico cuando el valor es significativamente diferente de tres. La comparación entre el valor estimado de b y el valor de referencia se realizó mediante una prueba de *t-Student*, considerando el valor de t calculado a partir de la ecuación de Pauly (1984), con un nivel de significancia de 95%, ésta es:

$$t_c = \frac{S_{\log LT}}{S_{\log WT}} \cdot \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} \cdot \sqrt{n - 2} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde: $S_{\log LT}$ es la desviación estándar del logaritmo de la longitud total, $S_{\log WT}$ es la desviación estándar de logaritmo del peso total, r^2 es el coeficiente de determinación, b es el valor de la pendiente y n es el número de datos.

Resultados

En el presente trabajo se muestrearon 15 estaciones y se realizaron en total 265 lances. El área barrida fue 1 293.1 ha, y la captura de 140.07 kg. La mayor captura de 36.15 kg, se obtuvo en septiembre, y la menor, de 0.81 kg, en abril. El menor rendimiento promedio fue 0.047 kg/lance en abril y el mayor de 1.21 kg/lance en septiembre (Fig. 2).

La menor densidad promedio (kg/ha) se obtuvo en abril y mayo con 0.05 kg/ha, la máxima se presentó en agosto con 0.95 kg/ha. La densidad promedio en el periodo de muestreo fue de 0.22 kg/ha. La densidad media mensual

estadísticamente diferente fue la de agosto ($H = 39.301, p = 0.001$) (Fig. 3).

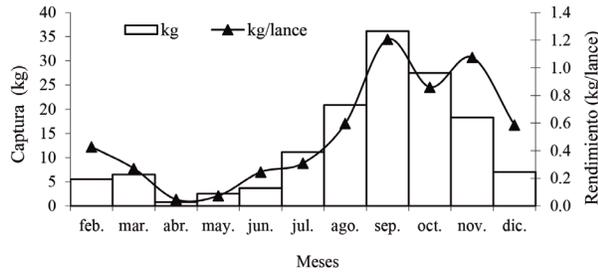


Fig. 2. Captura y rendimiento promedio mensual de *Litopenaeus stylirostris* en bahía Navachiste, Sinaloa.

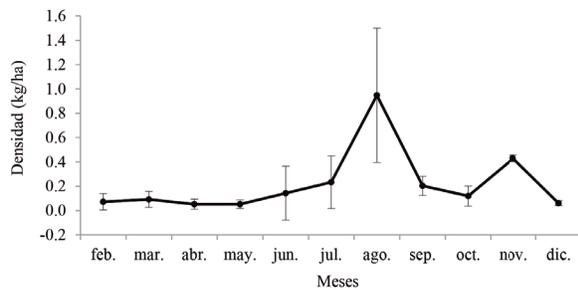


Fig. 3. Densidad promedio mensual de *Litopenaeus stylirostris* en bahía Navachiste, Sinaloa. Las barras indican el error estándar de la media.

El comportamiento de la reproducción se presenta en la figura 4. Se observó que de los 2 290 organismos muestreados, predominaron las hembras inmaduras de febrero a marzo y de mayo a diciembre; en abril se presentó el mayor porcentaje de hembras en desarrollo y maduras con 50.0% y 16.7%, respectivamente.

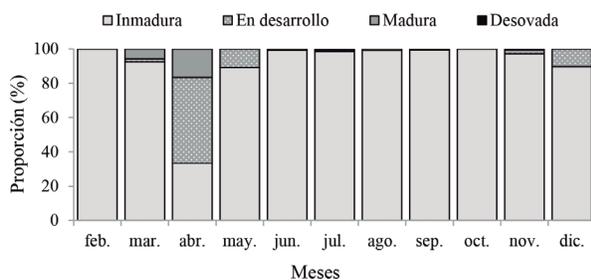


Fig. 4. Proporción mensual de los estadios de madurez sexual en hembras de *Litopenaeus stylirostris* en bahía Navachiste, Sinaloa.

La composición porcentual mensual de machos y hembras de camarón azul en el periodo de muestreo se presenta en la figura 5, en donde se observa que la proporción sexual en julio

fue 1.8:1 hembras:machos, estadísticamente diferente ($\chi^2 = 28.901, p = 0.001$). El porcentaje total de hembras y machos fue de 56.9% y 43.1%, respectivamente, con una relación de 1.3:1 hembras:machos.

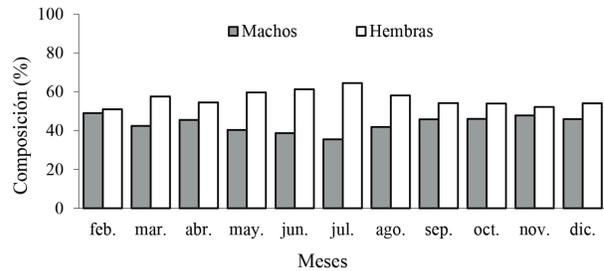


Fig. 5. Composición porcentual de machos y hembras de *Litopenaeus stylirostris* en bahía Navachiste, Sinaloa.

El intervalo de longitud estuvo de entre 50 a 230 mm *Lt*. Con el modelo multinomial se estimó un máximo de seis grupos modales en junio, con un intervalo de longitud de entre 50 a 200 mm *Lt*. Se observaron organismos jóvenes entre la población reclutada; los grupos mejor representados fueron los 2, 3, 4 y 5 con modas en 105, 130, 145 y 165 mm *Lt*, respectivamente (Fig. 6).

En la relación *Lt-Pt*, el intervalo de longitud varió de 50 a 230 mm *Lt*, con media y *DE* de 138.6 ± 33.5 mm. Los valores de peso total variaron entre 0.7 y 105.8 g, con media y *DE* 24.2 ± 15.3 g. El modelo para la relación fue: $PT = 0.00000326 \cdot (Lt)^{3.175}$, con la prueba *t-Student* se comprobó que el valor de la pendiente es significativamente diferente de tres ($t_{(0.05, 2756)} = 1.9608 < t = 25.488$) (Fig. 7).

Los perfiles de verosimilitud de los parámetros *a* y *b* de la relación *Lt-Pt* se presentan en la tabla 1 y la figura 8.

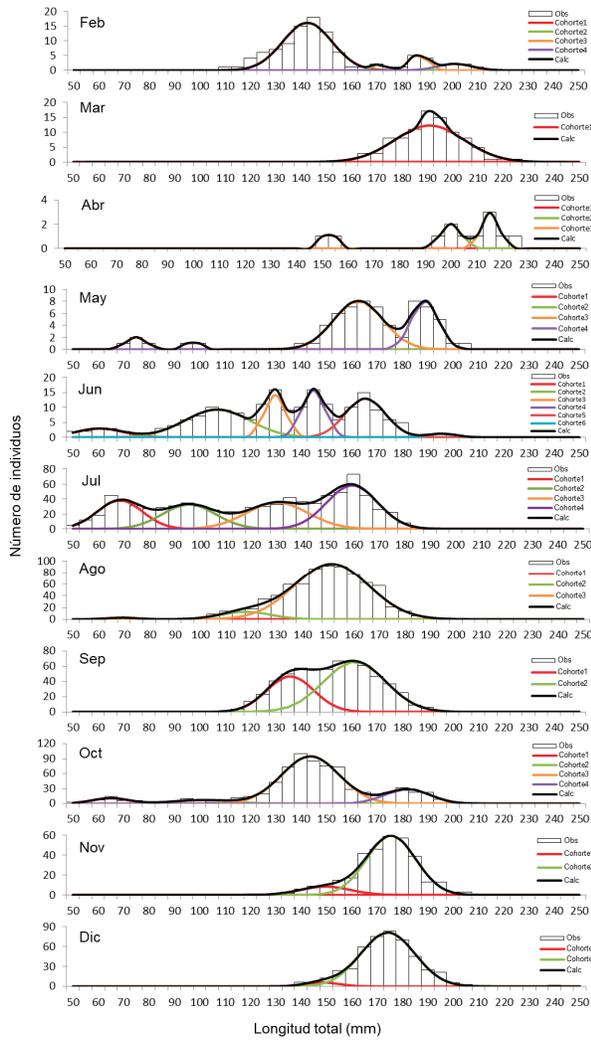


Fig. 6. Frecuencias de longitud observadas y ajuste a la distribución multinomial.

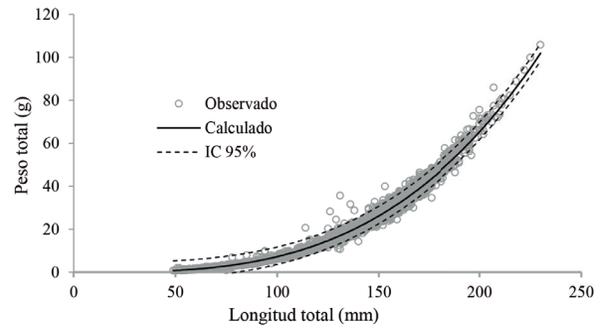


Fig. 7. Curva de ajuste de la relación longitud total-peso total para *Litopenaeus stylirotris* en bahía Navachiste, Sinaloa.

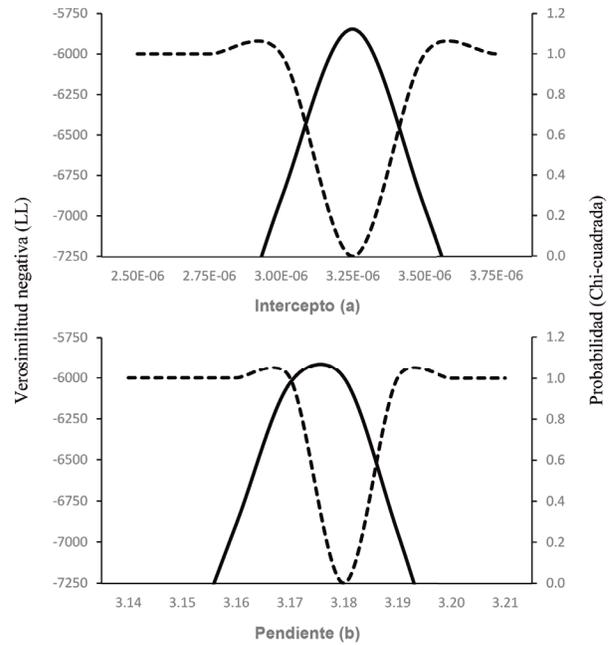


Fig. 8. Perfil de verosimilitud de los parámetros de la relación longitud total-peso total de camarón azul *Litopenaeus stylirotris* en bahía Navachiste, Sinaloa.

Tabla 1

Intervalos de confianza (IC) a 95% de confianza ($\alpha = 0.05$) de los parámetros a y b obtenidos con el modelo potencial para camarón azul *Litopenaeus stylirotris* en bahía Navachiste, Sinaloa

Parámetro	IC inferior	Promedio	IC superior	Núm.
a	0.000003	0.00000325	0.0000035	2 758
b	3.16	3.18	3.19	

Discusión

El camarón azul se ha descrito como una especie marina que depende de las lagunas costeras para completar su ciclo de vida (Edwards 1978, García y Le Reste 1981, Mathews 1981). En este estudio se observaron dos picos de abundancia, uno pequeño en marzo, y el de mayor abundancia en septiembre, que es cuando inicia la temporada de pesca; durante este mes, por lo general, el camarón azul tiene su pico máximo de captura, lo que coincide con lo reportado por Muñoz-Rubí (2010) y Muñoz-Rubí *et al.* (2013³) en la bahía Santa María; si bien en desacuerdo con los trabajos de realizados por Zazueta-Solano *et al.* (1988), que reportaron la mayor abundancia en diciembre en la bahía Altata-Ensenada del Pabellón, así como Muñoz-Rubí *et al.* (2014⁴, 2015⁵), en noviembre y septiembre en esta bahía.

Del análisis de la densidad relativa obtenida por medio de la distribución-delta (Δ) se observaron dos picos, uno de mayor intensidad en agosto y el segundo de menor intensidad en noviembre. El periodo de máxima densidad para esta bahía, coincide con lo reportado por Valenzuela-Quíñonez (2007) para la bahía de Agiabampo; Muñoz-Rubí (2010) para la bahía Santa María; y Muñoz-Rubí *et al.* (2013³, 2014⁴, 2015⁵), quienes observaron dos picos de densidad, que se presentaron de julio a septiembre. Lo anterior se debe a que el camarón azul tiene sus picos máximos de densidad en verano y esto está significativamente relacionado con la temperatura.

El ciclo de reproducción del camarón azul está bien definido, presenta un periodo de maduración de marzo a agosto, con máximos en junio y julio (García-Gómez 1976, Garduño-Argueta y Calderón-Pérez 1994, López-Martínez *et al.* 2005). En los muestreos realizados para este trabajo se observaron hembras maduras en marzo y abril, no así en los meses de mayor maduración debido a que los organismos recolectados fueron ejemplares jóvenes que se reclutaron a la población.

En la proporción sexual se observó mayor número de hembras durante el periodo de muestreo; sin embargo, por el valor de la proporción sexual total no hay diferencia estadística al tener un valor de 1.3:1. Diversos son los trabajos realizados sobre camarones peneidos que registran

una clara dominancia de hembras sobre machos (Zazueta-Solano *et al.* 1988, Andrade y Wolfgang 1999, García-Rodríguez y Esteban 1999, Wakida-Kusunoki *et al.* 2006, Ramos-Miranda *et al.* 2009, Muñoz-Rubí *et al.* 2014⁴, 2015⁵). Esta dominancia numérica puede estar estrechamente relacionada con dos importantes factores: 1) la época reproductiva que favorece un incremento de la densidad poblacional de este sexo, 2) con el hecho de que corporalmente las hembras son de mayor tamaño que los machos, característica genética que incrementa las probabilidades de que sean capturadas en mayor proporción que los machos (Ramos-Cruz 2012).

Las longitudes observadas en junio estuvieron en el intervalo de 50 a 200 mm *Lt* y se estimaron seis grupos, lo que coincide con los seis grupos reportados por Muñoz-Rubí *et al.* (2014⁴) con un intervalo de 65 a 190 mm *Lt*; sin embargo, Muñoz-Rubí *et al.* (2013³, 2015⁵) reportaron cuatro grupos con intervalos de 90 a 185 mm *Lt* y de 60 a 175 mm *Lt* y Muñoz-Rubí *et al.* (2016⁷) encontraron cinco grupos con intervalo de 80 a 165 mm *Lt* en el sistema lagunar Topolobampo-Ohuira-Santa María. Estas diferencias pudieran deberse a que los intervalos de longitud fueron menores a los encontrados en este trabajo, que tuvieron organismos más grandes.

La pendiente de la relación longitud total- peso total ($b = 3.175$) presentó una relación alométrica positiva con respecto a la pendiente hipotética de isometría 3. Este valor está dentro del intervalo reportado en trabajos previos realizados en otros sistemas; para esta misma bahía, para camarón azul, Zazueta-Solano *et al.* (1988) obtuvieron un valor de 3.272; en la bahía de Altata-Ensenada del Pabellón, Alcántara-Razo (2005) en el sistema de Agiabampo obtuvo un valor de 3.03; y Muñoz-Rubí *et al.* (2013³, 2014⁴, 2015⁵) reportaron valores de 3.145, 3.155 y 3.175, respectivamente, para la bahía Navachiste.

7. Muñoz-Rubí HA, D Chávez-Herrera, F Villegas-Hernández, V Hernández-Covarrubias, JE Lizárraga-Hernández. 2016. Análisis de las poblaciones de camarón *Litopenaeus* spp. y *Farfantepenaeus* spp. en el sistema lagunar Topolobampo-Ohuira-Santa María, Sinaloa, en 2015. Informe Técnico (documento interno) Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera-Mazatlán. México. 28p.

Conclusiones

La dinámica poblacional de la especie es un factor importante que se debe considerar en el manejo de la pesquería en la bahía de Navachiste, por lo que se concluye lo siguiente:

- El camarón azul presentó los mayores captura y rendimiento promedio en septiembre, que es cuando inicia el periodo de captura.
- Presentó dos picos de abundancia, el de mayor intensidad en agosto y otro de menor intensidad en noviembre.
- El mayor porcentaje de hembras maduras se observó en abril, con 16.7%.
- En la proporción sexual, las hembras tuvieron mayor presencia que los machos, 1.3:1.
- El intervalo de tallas estuvo entre 50 y 230 mm de *Lt*, presentando un máximo de seis grupos modales en junio.
- El camarón azul presentó un crecimiento alométrico positivo.

Literatura citada

- Alcántara-Razo E. 2005. Índice de producción de huevos, reclutamiento reproductor y distribución de la biomasa de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* en el frente costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, BCS, México. 98p.
- Andrade GJ, BSU Wolfgang. 1999. Crecimiento y mortalidad del camarón blanco (*Penaeus schmitti*) en el lago de Maracaibo, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 17(1): 63-89.
- Barrón-Barraza FJ. 2010. Distribución espacio-temporal y composición de tallas de postlarvas del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) en el sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, BCS, México. 58p.
- Bush-Medina RE. 2000. Crecimiento del camarón azul (*Penaeus stylirostris* Stimpson, 1871) en el sistema lagunar de Navachiste, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias del Mar-Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sin., México. 45p.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara G, E Morales-Bojórquez, S Ramos-Carrillo, G González-Medina. 2012. Variabilidad de la abundancia relativa y talla promedio del pez vela *Istiophorus platypterus* capturado por la flota artesanal en el golfo de Tehuantepec, México. *Ciencias Marinas* 38(3): 551-562. DOI: 10.7773/cm.v38i3.2066
- Conquest L, R Burr, J Donnelly, J Chavarria, V Gallucci. 1996. Sampling methods for stock assessment for small-scale fisheries in developing countries. In: VF Gallucci, SB Salia, DJ Gustafson, BJ Rothschild (eds.). *Stock Assessment: Quantitative methods and applications for small scale fisheries*. CRC Press, New York. pp: 179-225.
- De Silva-Dávila R, R Palomares-García, A Zavala-Norzagaray, DC Escobedo-Urías. 2006. Ciclo anual de los grupos dominantes del zooplancton en Navachiste, Sinaloa. En: ME Hendrickx (ed.). *Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico este*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM. México. 4(1): 25-39.
- Edwards R. 1978. The fishery and fisheries biology of penaeid shrimp on the Pacific coast of Mexico. *Oceanography and Marine Biology Annals Review* 16: 145-180.
- Escobedo-Urías D, MT Hernández-Real, N Herrera-Moreno, AE Ulloa-Pérez, A Chiquete-Ozono. 1999. Calidad bacteriológica del sistema lagunar de San Ignacio-Navachiste, Sinaloa. *Ciencia y Mar* 3(9): 17-27.
- Folmer O, M Pennington. 2000. A statistical evaluation of the design and precision of the shrimp trawl survey off West Greenland. *Fisheries Research* 49: 165-178. DOI: 10.1016/S0165-7836(00)00196-X
- Frías-Espéricueta MG, I Osuna-López, D Voltolina, MA Beltrán-Velarde, G Izaguirre-Fierro, G López-López, MD Muy-Rangel, W Rubio-Carrasco. 2009. Contenido de Cd, Cu, Pb y Zn en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) de seis lagunas costeras de Sinaloa, NW México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(1): 197-201. DOI: 10.4067/S0718-19572009000100020
- García-Gómez M. 1976. Fecundidad del camarón café *Penaeus californiensis* y camarón azul *Penaeus stylirostris* de Puerto Peñasco y Guaymas, Sonora. En: JL Castro-Aguirre (ed.). *Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones*. Instituto Nacional de Pesca. Guaymas, Sonora, México, 8 al 13 de agosto de 1976, 1: 131-139.
- García-Rodríguez M, A Esteban. 1999. On the biology and fishery of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816), (Decapoda, Dendrobranchiata) in the Ibiza Channel (Balearic Islands, Spain).

- Scientia Marina* 63(1): 27-37. DOI: 10.3989/scimar.1999.63n127
- García S, L Le Reste. 1981. Life cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks. *FAO Fish Technical Paper* 203: 215p.
- Garduño-Argueta H, JA Calderón-Pérez. 1994. Abundancia y maduración sexual de hembras de camarón (*Penaeus* spp.) en la costa sur de Sinaloa, México. *Revista de Investigación Científica UABCS, Serie Ciencias Marinas* 1: 27-34.
- Haddon M. 2001. *Modeling and quantitative methods in fisheries*. Chapman-Hall, Florida. 406p.
- Hilborn R, CJ Walters. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*. Chapman & Hall, New York, London. 570p.
- Ingram GW Jr, WJ Richards, JT Lamkin, B Mhuling. 2010. Annual indices of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) larvae in the Gulf of Mexico developed using delta-lognormal and multivariate models. *Aquatic Living Resources* 23(1): 35-47.
- Lo NCH, LD Jacobson, JL Squire. 1992. Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 49: 2515-2526.
- López-Martínez J, C Rábago-Quiroz, MO Nevárez-Martínez, AR García-Juárez, G Rivera-Parra, J Chávez-Villalba. 2005. Growth, reproduction, and size at first maturity of the blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) along the east coast of the Gulf of California, México. *Fisheries Research* 71(1): 93-102. DOI: 10.1016/j.fishres.2004.06.004.
- Madrid-Vera J, F Amezcua, E Morales-Bojórquez. 2007. An assessment approach to estimate biomass of fish communities from bycatch data in a tropical shrimp trawl fishery. *Fisheries Research* 83(1): 81-89. DOI: 10.1016/j.fishres.2006.08.026.
- Magaña-Álvarez ME. 2004. Distribución de nutrientes y su efecto en el nivel trófico de la laguna Macapule, Sinaloa. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, México. 115p.
- Mathews CP. 1981. A review of the North American penaeid fisheries, with particular reference to Mexico. *Kuwait Bulletin of Marine Science* 2: 325-409.
- McConnaughey RA, LL Conquest. 1992. Trawl survey estimation using a comparative approach based on lognormal theory. *Fishery Bulletin* 91: 107-118.
- Morales-Bojórquez E, MO Muciño-Díaz, JA Vélez-Barajas. 2008. Analysis of the decline of the abalone fishery (*Haliotis fulgens* and *H. corrugata*) along the west central coast of the Baja California peninsula, México. *Journal of Shellfish Research* 27(4): 865-870. DOI: 10.2983/0730-8000(2008)27[865:AOTD OT]2.0.CO;2
- Morales-Bojórquez E, J Madrid-Vera, JG Díaz-Uribe, H Aguirre-Villaseñor, A Liedo-Galindo, D Chávez-Herrera, J Melchor-Aragón, H Muñoz-Rubí, A Hernández-López. 2012. Distribución y abundancia de camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el norte de Sinaloa, México. En: J López-Martínez y E Morales-Bojórquez (ed.). *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC/Fundación Produce Sonora, México, pp: 385-398.
- Muñoz-Rubí HA. 2010. Estimación bayesiana de los parámetros de crecimiento individual y abundancia estacional del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874), de la costa de Sinaloa, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias del Mar-Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 86p.
- Neter J, MH Kutner, J Nachtschien, W Wasserman. 1996. *Applied linear statistical models*. McGraw-Hill. Irwin. 1408p.
- Páez-Osuna F, HM Zazueta, G Izaguirre. 1991. Trace metals in bivalves from Navachiste Lagoon, México. *Marine Pollution Bulletin* 22(6): 305-307. DOI: 10.1016/0025-326x(91)90809-7
- Pauly D. 1984. Fish population dynamics in tropical water. A manual for use with programable calculators. *ICLARM Studies and Reviews* 8: 325p.
- Pennington M. 1983. Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. *Biometrics* 39(1): 281-286. DOI: 10.2307/2530830.
- Pennington M. 1986. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. *Fishery Bulletin* 84(3): 519-525.
- Pennington M. 1996. Estimating the mean and variance from highly skewed marine data. *Fishery Bulletin* 94(3): 498-505.
- Pennington M, T Stromme. 1998. Surveys as a research tool for managing dynamics stocks. *Fisheries Research* 37(1-3): 97-106. DOI: 10.1016/S0165-7836(98)00129-5.
- Ramos-Cruz S. 2012. Aspectos biológicos y poblacionales del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931), durante la veda de 2006 en el Golfo de Tehuantepec, México. *Oceanides* 27(1): 11-24.
- Ramos-Miranda J, D Flores-Hernández, T Do-Chi. 2009. Assessment of the white shrimp fishery (*Litopenaeus setiferus*) in the Campeche Bank. Universidad Autónoma de Campeche. México. 38p.

- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics fish populations. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 191: 382p.
- Sierra-Rodríguez P, C Acosta-Castañeda, JA García-Borbón, AR García-Juárez, A Liedo-Galindo, JM Melchor-Aragón, S Ramos-Cruz, A Rosas-Cota, MP Toledo Díaz-Rubín, E Zárate-Becerra. 2000. Camarón del Océano Pacífico. *En: MA Cisneros-Mata, LF Beléndez-Moreno, E Zárate-Becerra, MT Gaspar-Dillanes, LC López-González, C Saucedo-Ruiz, J Tovar-Ávila (eds.). Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo. 1999-2000.* Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA. México, pp: 5-50.
- Smith SJ. 1990. Use of statistical models for the estimation of abundance from groundfish trawl survey data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 47(5): 894-903. DOI: 10.1139/f90-103.
- Smith SJ, S Gavaris. 1993. Improving the precision of abundance estimates of eastern Scotian Shelf Atlantic cod from bottom trawl surveys. *North American Journal of Fisheries Management* 13(1): 35-47. DOI: 10.1577/1548-8675(1993)013<0035:IT POAE>2.3.CO;2
- Sparre P, SC Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. *FAO Documento Técnico de Pesca* 306. 1 Rev. 2: 420p.
- Valenzuela-Quñonez W. 2007. Bases biológicas y ecológicas para adecuar el manejo de la pesquería de camarones peneidos en dos lagunas costeras del Golfo de California, con énfasis en Agiabampo, Sinaloa/Sonora. Tesis Doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, BCS, México. 215p.
- Valenzuela-Quñones W, JA López-Limón, EA Aragón-Noriega. 2004. Impacto del cultivo de camarón por succión de larvas de peces y camarón mediante el bombeo de granjas acuícolas en Navachiste, Sinaloa. *Hidrobiológica* 14(2): 105-112.
- Vicencio MD. 1979. Estudio ictiológico de dos lagunas costeras de la zona norte de Sinaloa, México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias-UNAM, México. 116p.
- Wakida-Kusunoki AT, R Solana-Sansores, ME Sandoval-Quintero, G Núñez-Márquez, J Uribe-Martínez, A González-Cruz, M Medellín-Ávila. 2006. Camarón del Golfo de México y Mar Caribe. *En: F Arreguín-Sánchez, L Beléndez-Moreno, I Méndez Gómez-Humarán, R Solana-Sansores, C Rangel-Dávalos (eds.). Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo.* Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA. México. pp: 425-476.
- Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*. Fourth Edition. Prentice Hall. New Jersey. 663p.
- Zavala-Norzagaray AA. 2006. Incidencia de postlarvas de camarón en el sistema Lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule (2002-2003). Tesis Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. México. 77p.
- Zazueta-Solano OE, H Ceja-Pérez, SJ Audelodel Valle, B Acosta, JM Singh-González. 1988. Estudio biológico pesquero del camarón género *Penaeus* en la bahía de Altata-Ensenada del Pabellón durante la temporada de pesca 1984-1985. Tesis de Licenciatura. Escuela Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 61p.
- Zea-de la Cruz H, JL Oviedo-Pérez, J Balderas-Téllez, G Acosta-Barbosa, LA Balderas-Ramírez, LI Balam-Ché. 2016. Abundancia y estructura poblacional de la raya mariposa *Gymnura micrura* asociadas al arrastre camaronero en el Golfo de México. *Ciencia Pesquera* 24(1): 15-26.

Recibido: 31 de agosto de 2018

Aceptado: 30 de abril de 2019