

Abundancia, distribución, estructura de tallas y madurez sexual de las poblaciones de camarón en el centro y norte de Sinaloa, México

Artículo de Investigación

Abundance, distribution, size structure, and sexual maturity of shrimp populations in central and northern Sinaloa, Mexico

Horacio Alberto Muñoz Rubí¹, Darío Chávez Herrera¹, Darío Arturo Chávez Arrenquín¹, José Roberto Lizárraga Zatarain¹, Roberto Paredes Mellado¹

¹Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera de Mazatlán.

* Autor correspondiente: horacio.munoz@inapesca.gob.mx

Resumen: En el presente trabajo se analizó la información de los muestreos realizados en altamar durante la temporada de pesca de camarón en enero y noviembre, y en el periodo de veda en mayo y agosto de 2021. La especie que representó el mayor porcentaje en las capturas fue el camarón café (*Penaeus californiensis*) con el 75%. La densidad relativa se obtuvo mediante la distribución-delta (Δ), la mayor abundancia para camarón café (*P. californiensis*), azul (*P. stylirostris*) y blanco (*P. vannamei*) se presentó en agosto con 9.950 kg/h, 1.710 kg/h y 1.510 kg/h, respectivamente, mientras que para camarón cristal (*P. brevirostris*) se obtuvo en enero con 0.292 kg/h. El camarón café fue la especie que presentó la mayor distribución espacial y batimétrica. La estructura de tallas fue analizada con el modelo de distribución multinomial, el camarón blanco fue el que presentó el mayor grupo modal con cuatro en mayo, las cuatro especies presentaron reclutamiento de organismos jóvenes a la población. La madurez gonadal de las hembras se determinó utilizando la escala morfocromática, las hembras de camarón azul presentaron el mayor porcentaje en mayo con 28%, mientras que las hembras de blanco, café y cristal en agosto con 19%, 9% y 54%, respectivamente.

Palabras clave: *Abundancia relativa, camarón, Sinaloa*

Abstract: In the present work, the information from the samplings carried out on offshore during the shrimp fishing season in January and November, and in the closed season in May and August 2021, was analyzed. The species that represented the highest percentage in the catches was the brown shrimp (*Penaeus californiensis*) with 75%. The relative density was obtained through the delta- Δ distribution, the highest abundance for brown shrimp (*P. californiensis*), blue (*P. stylirostris*) and white (*P. vannamei*) occurred in August with 9.950 kg/h, 1.710 kg/h and 1.510 kg/h, respectively, while for crystal shrimp (*P. brevirostris*) it was obtained in January with 0.292 kg/h. The brown shrimp was the species that presented the greatest spatial and bathymetric distribution. Length structure was analyzed with the multinomial distribution model, white shrimp was the one that presented the largest modal group with four in May, the four species presented recruitment of juvenile organisms to the population. Females' gonadal maturity was determined using the morphochromatic scale, blue shrimp females had the highest percentage in May with 28%, while the females of white, brown and crystal in August with 19%, 9% and 54%, respectively.

Keywords: *Relative abundance, shrimp, Sinaloa*

Recibido: XXXXXXXX; **Aceptado:** XXXXXXXX; **Publicado:**

Introducción

En el Pacífico mexicano se aprovechan ocho especies de camarón, de ellas, cuatro constituyen más del 90% de la captura total: camarón café (*Penaeus californiensis*), camarón azul (*P. stylirostris*), camarón blanco (*P. vannamei*) y camarón cristal (*P. brevirostris*).

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 pesquería de camarón de alta mar inició en el Pacífico mexicano, en particular en el Golfo de California, en 1938, con un programa binacional México-Japón en el cual una compañía japonesa traería seis barcos, dos en Mazatlán, Sinaloa, dos en Yavaros y dos en Guaymas, Sonora e integraría a pescadores mexicanos para aprender a capturar el crustáceo [1].

La zona marina del centro norte de Sinaloa es una zona eminentemente camaronera donde dominan el camarón azul y café, además de la presencia de otras especies importantes como el camarón blanco y cristal, aunque en menor abundancia en la zona.

El Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA) da seguimiento a la pesquería de este recurso, tanto en temporada de pesca como en el periodo de veda; una de sus metas es proponer las medidas de manejo para su aprovechamiento, y las recomendaciones que permitan conservar la rentabilidad de esta actividad económica para que tanto el stock como la biomasa aprovechada permanezcan dentro de los límites biológicamente permisibles.

Para ello es necesario tener un amplio conocimiento del ciclo de vida de las especies que se capturan, así como de un continuo proceso de evaluación del estado que presentan las poblaciones de las diferentes especies después de ser sometidas a mortalidad por pesca.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la abundancia, distribución, la estructura de tallas y la madurez sexual de las especies de camarón en la zona marina del centro y norte de Sinaloa de los cruceros de investigación de 2021.

Materiales y Métodos

El área de estudio comprendió la zona centro y norte de Sinaloa, también conocida como zona 30, que se localiza en la franja del frente costero de Sinaloa, que va del norte de Mazatlán, frente a Mármol hasta Punta Ahome, frente a la desembocadura del río Fuerte (Ver Figura 1).

Figura 1. Localización del área de muestreo en la zona 30.



Muestreo biológico

En cada una de las estaciones establecidas en la zona de muestreo se efectuaron lances diurnos y nocturnos con dos redes de arrastre camaroneras de una hora de duración. El tiempo de arrastre se contabilizó a partir del momento en que las redes tocaban fondo y la embarcación era puesta en movimiento (avante), iniciándose propiamente el arrastre y finalizando en el momento en que la unidad detiene su máquina para levantar los equipos. Para ubicarse en cada estación se utilizó el posicionador satelital (GPS) del barco. Al término del arrastre y una vez que el contenido de las redes se depositó en cubierta, la tripulación procedió a separar los camarones y su fauna acompañante (FAC) y se registraron ambos datos de captura en una hoja de bitácora. Adicionalmente se registran datos físicos y ambientales de interés como: profundidad, temperatura superficial, características de las artes de pesca, tiempos y áreas de arrastre.

Derivado del muestreo biológico se registró la especie, se estimó la composición por especies, la abundancia relativa en

kilogramos por hora de arrastre (kg/h), la estructura de tallas (longitud total en mm), sexo y madurez gonadal de los organismos capturados, así como la distribución espacial y batimétrica de la abundancia. La madurez gonadal en hembras se determinó utilizando la escala morfocromática de Barreiro-Güemez [2], y se estimó la abundancia relativa.

Abundancia relativa

A los datos de rendimiento en kilogramos por hora de arrastre (kg/h) se les aplicó el estimador insesgado que utiliza la distribución delta-(Δ) de Pennington para calcular la media y los intervalos de confianza [3]–[9]. El estimador de varianza mínima de la media (c) y la varianza (d) se calculó como sigue:

$$c = \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(y) g_m(s^2/2), & m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, & m = 1 \\ 0, & m = 0 \end{cases}$$

y

$$d = \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2y) \left\{ g_m(2s^2) - \left(\frac{m-1}{n-1} \right) g_m \left(\frac{m-2}{m-1} s^2 \right) \right\}, & m > 1 \\ \frac{x_1}{n}, & m = 1 \\ 0, & m = 0 \end{cases}$$

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

$$g_m(x) = 1 + \frac{m-1}{m} x + \sum_{j=2}^{\infty} \frac{(m-1)^{2j-1} x^j}{m^j (m+1)(m+3)\dots(m+2j-3)j!}$$

El estimador insesgado de varianza mínima de c ($var_{est}(c)$) está dado por [10]:

$$var_{est}(c) = \begin{cases} \frac{m}{n} \exp(2y) \left\{ \frac{m}{n} g_m \left(\frac{s^2}{2} \right) - \left(\frac{m-1}{n-1} \right) g_m \left(\frac{m-2}{m-1} s^2 \right) \right\}, & m > 1 \\ \left(\frac{x_1}{n} \right)^2, & m = 1 \\ 0, & m = 0 \end{cases}$$

Cuando $n=m$, el estimador supone una distribución logarítmico-normal [11]–[15].

Análisis de progresión modal

La estimación de las modas observadas en las distribuciones de tallas de las capturas, se determinaron con las frecuencias de longitud total. Se utilizó una distribución multinomial de acuerdo con la siguiente función de densidad [16]:

$$P\{x_i | n, p_1, p_2, \dots, p_k\} = n! \prod_{i=1}^k \frac{p_i^{x_i}}{x_i!}$$

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 (L), así la nueva expresión queda de la manera siguiente:

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

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 multinomial, determinando que cada moda es correspondiente a una diferente cohorte en la población [16]. Bajo esta condición, las estimaciones de las proporciones relativas esperadas de cada categoría de longitud (p_{L_F}) se describieron a partir de la siguiente función de densidad:

$$p_{L_F} = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(L_F - \mu_F)^2}{2\sigma_n^2}}$$

Donde μ_F y σ_F son la media y la desviación estándar de la longitud total de cada cohorte. De tal forma que, para calcular las frecuencias esperadas y los parámetros del modelo, es necesario contrastar los valores estimados y observados a través de la siguiente función logarítmica de distribución multinomial [16]:

$$-\ln L\{L | \mu_F, \sigma_F\} = -\sum_{i=1}^n L_i \ln(p_i) = -\sum_{i=1}^k L_i \ln\left(\frac{\hat{L}_i}{\sum \hat{L}_i}\right)$$

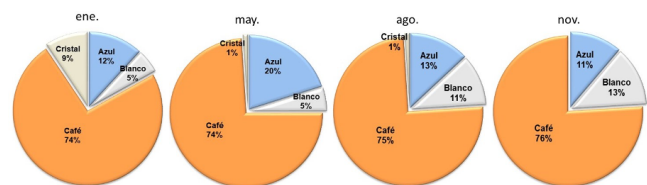
En esta expresión los parámetros μ_F y σ_F corresponden a la media y desviación estándar de la longitud total que corresponden a las n medias presentes en la distribución de longitudes de cada periodo. Los parámetros del modelo se estimaron cuando la función de verosimilitud se minimiza con el algoritmo Gradiente Reducido Generalizado (GRG) [17].

Resultados y Discusión

Proporción de especies

La mayor captura durante los cruceros de 2021 en la zona 30 se obtuvo en agosto con 739.955 kg, el 75% correspondió a camarón café, el 13% a azul, el 11% a blanco y el 1% a cristal, la menor captura se obtuvo en enero con 135.949 kg, camarón café presentó el 74% de la captura, le siguen azul, cristal y blanco con 12%, 9% y 5%, respectivamente (Figura 2).

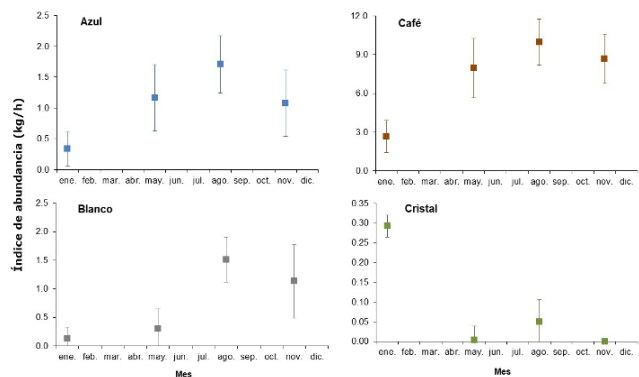
Figura 2. Proporción de especies de camarón en la captura de los cruceros de 2021 en la zona 30.



Abundancia

Durante los cruceros de enero, mayo, agosto y noviembre el camarón café, azul y blanco presentaron la mayor abundancia promedio en agosto con 9.950 kg/h, 1.710 kg/h y 1.510 kg/h, respectivamente, mientras que en camarón cristal se presentó en enero con 0.292 kg/h (Figura 3).

Figura 3. Abundancia en kg/h para camarón azul, blanco, café y cristal en la zona 30 durante 2021.

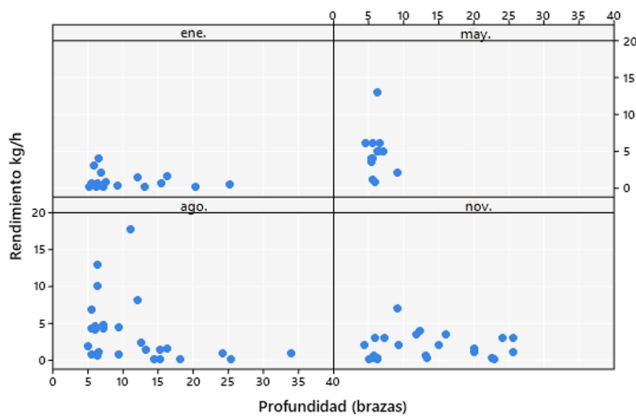


Distribución batimétrica

Camarón azul

Camarón azul presentó en agosto la mayor abundancia con 95.69 kg, en agosto se obtuvo la mayor captura con 17.85 kg a una profundidad de 11 brazas, su distribución estuvo entre las 4 y las 34 brazas, en enero se obtuvieron las menores abundancias; en mayo presentó la menor distribución que estuvo entre las 4 y 10 brazas (Figura 4).

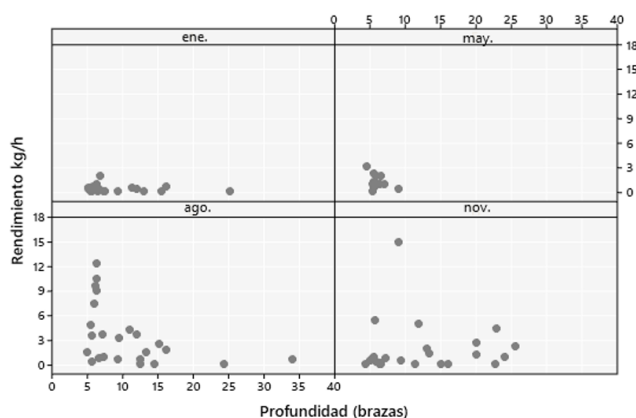
Figura 4. Distribución batimétrica en kg/h para camarón azul en la zona 30 durante 2021.



Camarón blanco

Camarón blanco presentó en agosto la mayor abundancia con 84.44 kg, en noviembre se obtuvo la mayor captura con 15.0 kg a una profundidad de 9 brazas, su distribución estuvo entre las 4 y las 34 brazas, en enero se obtuvieron las menores abundancias; la menor distribución se presentó en mayo, la cual estuvo entre las 4 y 10 brazas (Figura 5).

Figura 5. Distribución batimétrica en kg/h para camarón blanco en la zona 30 durante 2021.

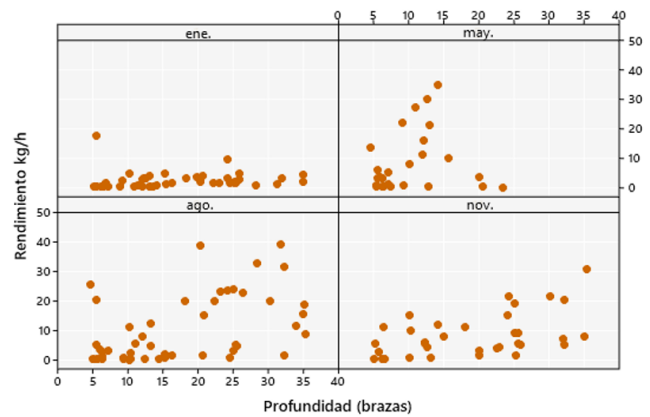


Camarón café

Camarón café presentó una amplia distribución en enero, agosto y noviembre desde las 4 hasta las 35 brazas, la mayor abundancia se presentó en agosto con 492.0 kg, también en

agosto se obtuvo la mayor captura con 39.4 kg y se obtuvo a una profundidad de 32 brazas, aunque las mayores capturas estuvieron entre las 20 y 35 brazas; en mayo presentó la menor distribución y estuvo entre las 5 y 25 brazas, las menores capturas se obtuvieron en enero (Figura 6).

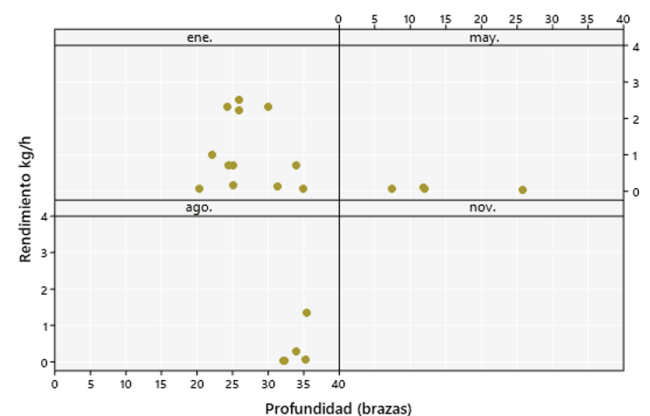
Figura 6. Distribución batimétrica en kg/h para camarón café en la zona 30 durante 2021.



Camarón cristal

La distribución de camarón cristal estuvo entre las 7 y 35 brazas, la mayor captura se obtuvo en enero con 12.74 kg, la mayor captura fue 2.0 kg y se obtuvo a una profundidad de 25 brazas, en mayo se obtuvo la menor captura con 0.215 kg, se capturó sólo en cuatro estaciones y estuvo distribuido entre 7 y 25 brazas (Figura 7).

Figura 7. Distribución batimétrica en kg/h para camarón cristal en la zona 30 durante 2021.



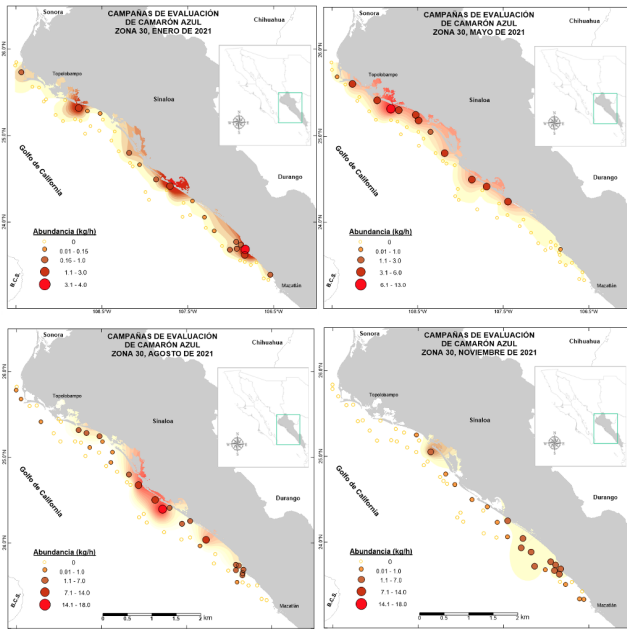
Distribución espacial

Camarón azul

Camarón azul se observó de enero a noviembre, su presencia estuvo mayormente distribuida en agosto, también en agosto se

obtuvo la mayor captura con 17.85 kg/h y una abundancia promedio de 1.709 kg/h, y se obtuvo frente a la bahía Ensenada del Pabellón a una profundidad de 11 brazas. La abundancia total promedio fue 0.981 kg/h (Figura 8).

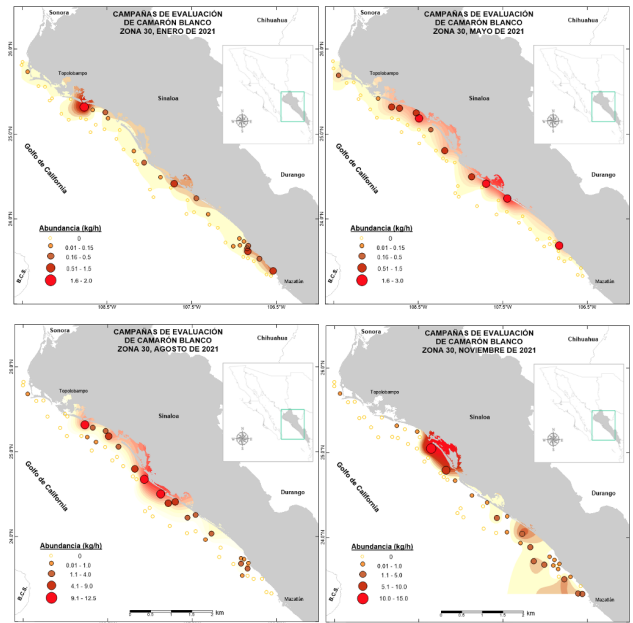
Figura 8. Distribución espacial de la captura en kg/h para camarón azul en la zona 30 durante 2021.



Camarón blanco

El camarón blanco presentó una distribución espacial mayor en agosto y noviembre. En agosto la mayor captura se obtuvo frente a la parte sur de la boca de Baradito de la bahía Santa María con 12.4 kg/h, la abundancia promedio fue 1.508 kg/h. La mayor captura en noviembre fue 15.0 kg/h con una abundancia promedio de 0.882 kg/h, y se obtuvo frente a la boca norte de la bahía Santa María. La abundancia total promedio fue 0.705 kg/h (Figura 9).

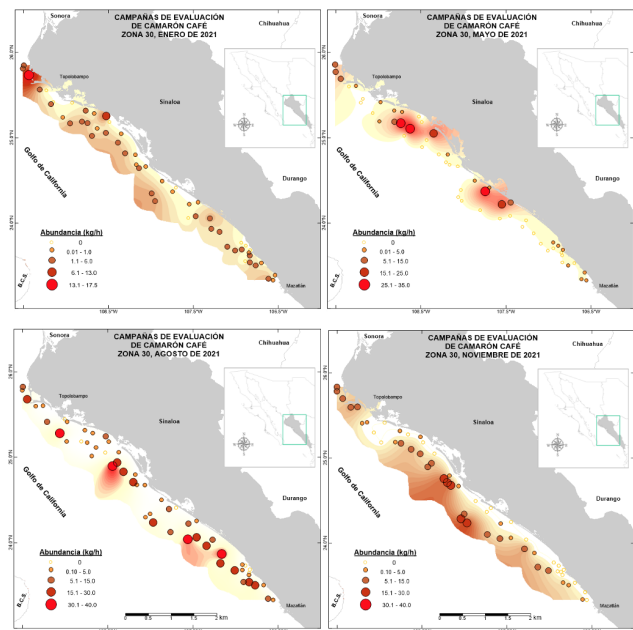
Figura 9. Distribución espacial de la captura en kg/h para camarón blanco en la zona 30 durante 2021.



Camarón café

Camarón café presentó una mayor distribución espacial en enero y agosto. En agosto se obtuvo la mayor captura total con 492.3 kg, la mayor captura fue 39.0 kg/h y se obtuvo frente a la parte sur de la boca La Risión de la bahía Santa María por 32 brazas, la captura promedio fue 8.951 kg/h. La abundancia total promedio fue 5.028 kg/h (Figura 10).

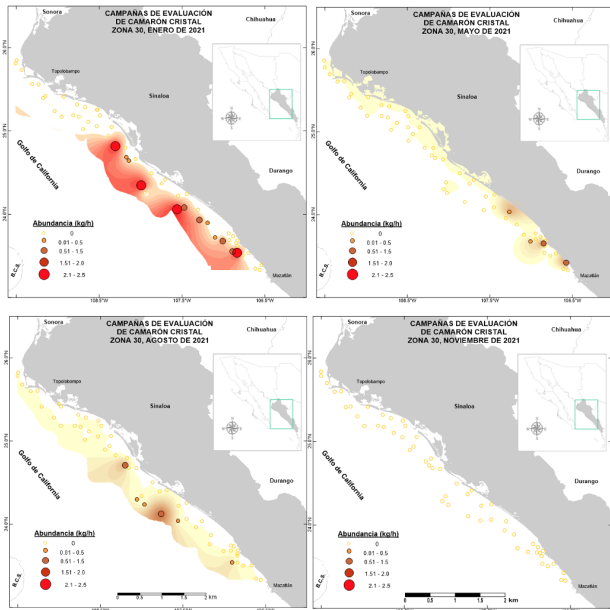
Figura 10. Distribución espacial de la captura en kg/h para camarón café en la zona 30 durante 2021.



Camarón cristal

En Camarón cristal se observó mayormente distribuido en enero, su distribución estuvo desde la bahía Santa María hasta Punta Cerritos, presentando una captura total de 12.7 kg, la mayor captura fue 2.5 kg/h, y se obtuvo frente a Punta Prieta a 25 brazas de profundidad. La abundancia promedio fue 0.236 kg/h, en noviembre no se tuvo la presencia de esta especie (Figura 11).

Figura 11. Distribución espacial de la captura en kg/h para camarón cristal en la zona 30 durante 2021.

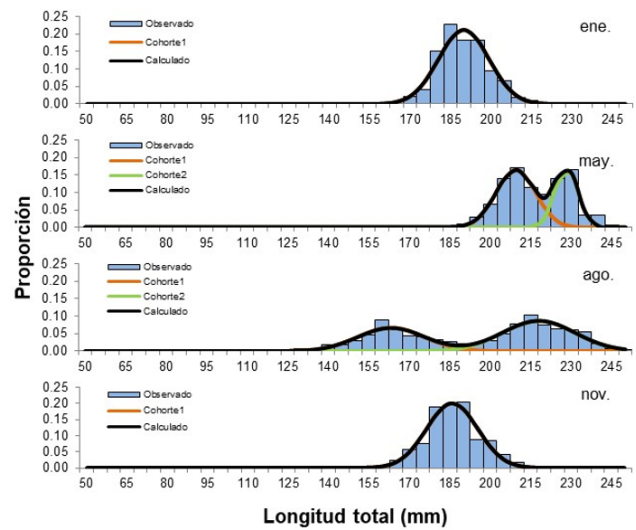


Estructura de tallas

Camarón azul

La distribución de tallas de camarón azul estuvo entre 105 y 245 mm de LT, la talla promedio fue 201.3 mm ± 21.8 d.e., el máximo de grupos modales observados fue de dos en mayo y agosto, respectivamente; en agosto se observó la población mejor estructurada con el reclutamiento de organismos jóvenes, las modas estuvieron en 160 y 215 mm para los grupos 1, y 2, respectivamente (Figura 12).

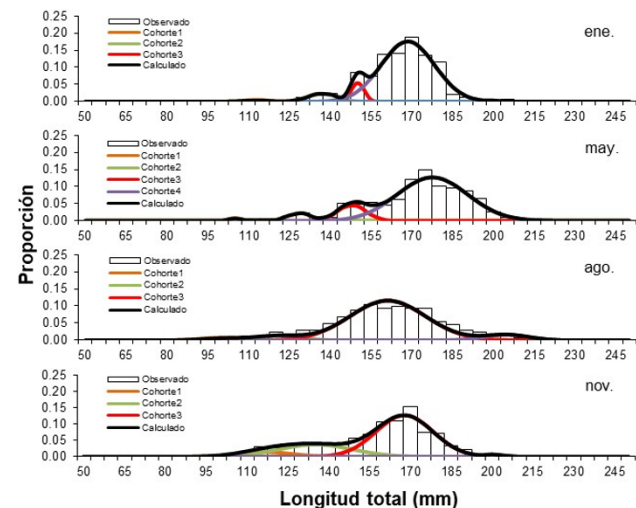
Figura 12. Estructura de tallas en longitud total (mm) para camarón azul en la zona 30 y ajuste al modelo multinomial.



Camarón blanco

En camarón blanco la distribución de tallas estuvo entre 90 y 220 mm de LT, la talla promedio fue 163.8 mm ± 21.4 d.e., el máximo de grupos modales observados fue de cuatro en mayo y agosto, en mayo las modas estuvieron en 105, 130, 145 y 175 mm de LT para los grupos 1, 2, 3 y 4, respectivamente; el grupo mejor representado fue el 4, en agosto las modas estuvieron en 100, 120, 160 y 205 mm de LT, siendo el grupo 3 el mejor representado (Figura 13).

Figura 13. Estructura de tallas en longitud total (mm) para camarón blanco en la zona 30 y ajuste al modelo multinomial.

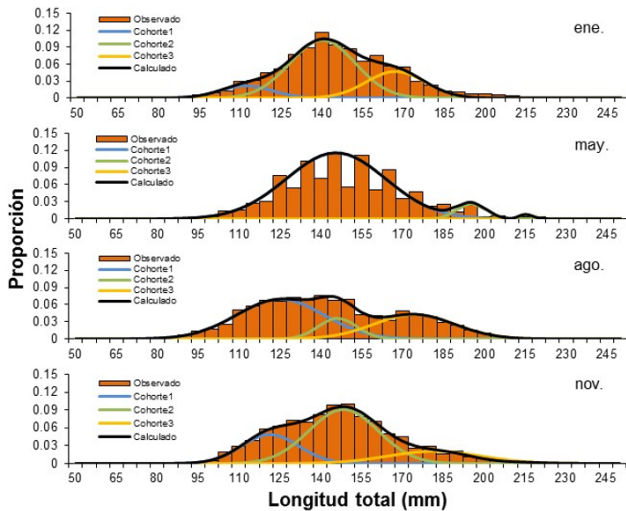


Camarón café

Esta especie presentó una distribución de tallas entre 75 y 235 mm de LT, la talla promedio fue 148.2 mm ± 23.6 d.e., el

máximo de grupos modales observados fue de tres, presentando una población mejor estructurada en enero, agosto y noviembre, en enero las modas estuvieron en 110, 140 y 165 mm para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente; el grupo mejor representado fue el 2; en agosto en 125, 140 y 175 mm, y en noviembre en 120, 150 y 180 mm, para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente (Figura 14).

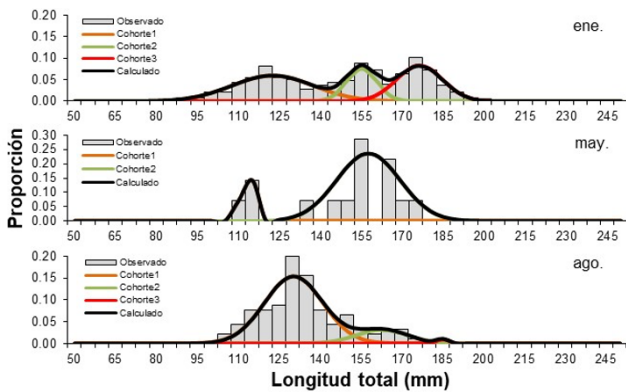
Figura 14. Estructura de tallas en longitud total (mm) para camarón café en la zona 30 y ajuste al modelo multinomial.



Camarón cristal

La distribución de tallas para camarón cristal estuvo entre 80 y 200 mm de LT, la talla promedio fue 148.6 mm ± 25.8 d.e., el máximo de grupos modales observados fue de tres en enero y agosto, en enero las modas estuvieron en 120, 155 y 175 mm para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente; en agosto las modas estuvieron en 130, 160 y 185 mm para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente, en ambos meses el grupo mejor representado fue el grupo 1 (Figura 15).

Figura 15. Estructura de tallas en longitud total (mm) para camarón cristal en la zona 30 y ajuste al modelo multinomial.

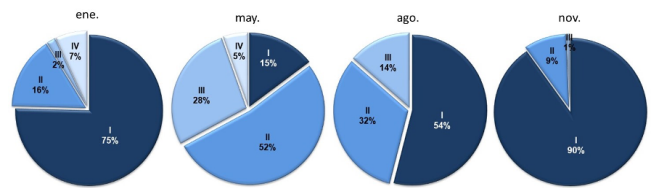


Reproducción

Camarón azul

Con respecto a la madurez sexual de hembras de camarón azul, las hembras inmaduras (fase I) presentaron el mayor porcentaje en noviembre con 90%, las hembras en desarrollo (fase II) obtuvieron el mayor porcentaje en agosto con 32%, en mayo se observó el mayor porcentaje de hembras maduras (fase III) con 28%, y las desovadas en enero representaron el 7% (Figura 16).

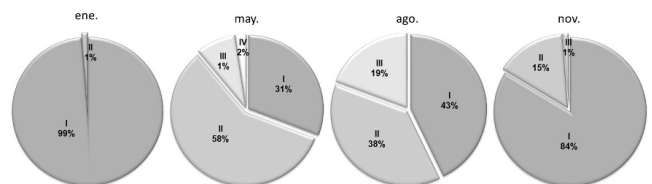
Figura 16. Madurez gonadal en hembras de camarón azul durante los cruceros de 2021.



Camarón blanco

Las hembras inmaduras (fase I) presentaron el mayor porcentaje en enero con 99%, las hembras en desarrollo (fase II) con 58% en mayo, las hembras maduras (fase III) obtuvieron el mayor porcentaje en agosto con 19% y para las desovadas (fase IV) el mayor porcentaje fue 2% en mayo (Figura 17).

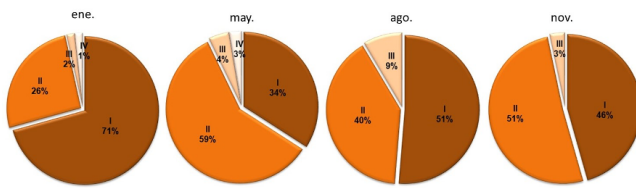
Figura 17. Madurez gonadal en hembras de camarón blanco durante los cruceros de 2021.



Camarón café

Las hembras inmaduras (fase I) presentaron el mayor porcentaje en enero con 71%, las hembras en desarrollo (fase II) obtuvieron el mayor porcentaje en mayo con 59%, en agosto se observó el mayor porcentaje de hembras maduras (fase III) con 9%, y las desovadas (fase IV) obtuvieron el mayor porcentaje en mayo con 3% (Figura 18).

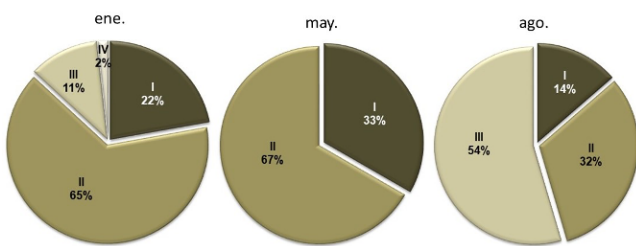
Figura 18. Madurez gonadal en hembras de camarón café durante los cruceros de 2021.



Camarón cristal

El camarón cristal presentó el mayor porcentaje de hembras inmaduras (fase I) y en desarrollo (fase II) en mayo con 33% y 67%, respectivamente, las hembras maduras (fase III) presentaron el mayor porcentaje en enero con 11%, y hembras desovadas (fase IV) en enero con 2% (Figura 19).

Figura 19. Madurez gonadal en hembras de camarón cristal durante los cruceros de 2021.



Conclusiones

La mayor captura durante los cruceros realizados en 2021 se obtuvo en agosto con 739.9 kg, el 75% correspondió a camarón café, el 13% a azul, el 11% a blanco y el 1% a cristal.

La mayor abundancia kg/h para las especies de camarón azul, blanco y café se obtuvo en agosto con 1.71 kg/h, 1.51 kg/h y 9.95 kg/h, respectivamente, mientras que en camarón cristal se presentó en enero con 0.292 kg/h.

Las especies de camarón azul y café presentaron la mayor captura en agosto con 17.85 kg y 39.4 kg, respectivamente, a la profundidad de 11 y 32 brazas, respectivamente; mientras que blanco y cristal la presentaron en noviembre y enero con 15.0 kg y 82.0 kg, respectivamente a profundidades de 9 y 30 brazas, respectivamente.

La distribución de tallas para camarón azul estuvo entre 105 y 245 mm de LT, en camarón blanco estuvo entre 85 y 230 mm de LT, en café entre 60 y 235 mm de LT, y para cristal estuvo entre 80 y 220 mm de LT.

Las hembras maduras (fase III) para las especies de camarón blanco, café y cristal presentaron el mayor porcentaje en agosto con 19%, 9% y 54%, respectivamente, para camarón azul se presentó en mayo con 28%.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA), por el financiamiento del proyecto de investigación de donde se generaron los datos aquí analizados, al personal técnico del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera de Mazatlán y a la tripulación del B/I INAPESCA I donde se realizaron los muestreos.

Conflicto de Intereses

Los autores expresan que no existen conflictos de interés al redactar el manuscrito.

Referencias

- [1] E. Vega-Ayala, "Legado japonés para la pesca de camarón," *Revista Somos Sinaloa*, vol. 15, pp. 34–36, 2013.
- [2] T. Barreiro-Güemez, "Estudio sobre la madurez y desove de *Penaeus vannamei* y *P. californiensis* (Crustacea: Decapoda, Penaeidae) en la costa sur de Sinaloa," in *Memorias del Primer Intercambio Académico sobre Investigaciones en el Mar de Cortés*. Hermosillo, Sonora, México, 1986, pp. 1–29.
- [3] M. Pennington, "Efficient Estimators of Abundance, for Fish and Plankton Surveys," *Biometrics*, vol. 39, no. 1, p. 281, Mar. 1983, doi: 10.2307/2530830.
- [4] M. Pennington, "Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys," *Fishery Bulletin*, vol. 84, pp. 519–525, 1986.
- [5] M. Pennington, "Estimating the mean and variance from highly skewed marine data," *Fishery Bulletin*, vol. 94, pp. 498–505, 1996.
- [6] M. Pennington and T. Strømme, "Surveys as a research tool for managing dynamic stocks," *Fish Res*, vol. 37, no. 1–3, pp. 97–106, Aug. 1998, doi: 10.1016/S0165-7836(98)00129-5.
- [7] J. Madrid-Vera, F. Amezcua, and E. Morales-Bojórquez, "An assessment approach to estimate biomass of fish communities from bycatch data in a tropical shrimp-trawl fishery," *Fish Res*, vol. 83, no. 1, pp. 81–89, Jan. 2007, doi: 10.1016/j.fishres.2006.08.026.
- [8] E. Morales-Bojórquez et al., "Distribución y abundancia de camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el norte de Sinaloa, México," in *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, sc/Fundación Produce Sonora, México, 2012, pp. 385–398.

- [9] H. A. Muñoz-Rubí, “Estimación bayesiana de los parámetros de crecimiento individual y abundancia estacional del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871), de la costa de Sinaloa, México,” Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Sinaloa, 2010.
- [10] O. Folmer and M. Pennington, “A statistical evaluation of the design and precision of the shrimp trawl survey off West Greenland,” *Fish Res*, vol. 49, no. 2, pp. 165–178, Dec. 2000, doi: 10.1016/S0165-7836(00)00196-X.
- [11] M. Pennington, “Estimating the Relative Abundance of Fish from a Series of Trawl Surveys,” *Biometrics*, vol. 41, no. 1, p. 197, Mar. 1985, doi: 10.2307/2530654.
- [12] N. C. Lo, L. D. Jacobson, and J. L. Squire, “Indices of Relative Abundance from Fish Spotter Data based on Delta-Lognormal Models,” *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 49, no. 12, pp. 2515–2526, Dec. 1992, doi: 10.1139/f92-278.
- [13] R. A. McConnaughey and L. L. Conquest, “Trawl survey estimation using a comparative approach based on lognormal theory,” *Fishery Bulletin*, vol. 91, pp. 107–118, 1992.
- [14] S. J. Smith and S. Gavaris, “Improving the Precision of Abundance Estimates of Eastern Scotian Shelf Atlantic Cod from Bottom Trawl Surveys,” *N Am J Fish Manag*, vol. 13, no. 1, pp. 35–47, Feb. 1993, doi: 10.1577/1548-8675(1993)013<0035:ITPOAE>2.3.CO;2.
- [15] L. Conquest, R. Burr, J. Donnelly, J. Chavarria, and V. Gallucci, “Sampling methods for stock assessment for small-scale fisheries in developing countries,” in *Stock Assessment: Quantitative Methods and Applications for Small Scale Fisheries.*, New York: CRC Press, 1996.
- [16] M. Haddon, *Modeling and quantitative methods*. CRC Press, 2011.
- [17] L. S. Lasdon, A. D. Waren, A. Jain, and M. Ratner, “Design and Testing of a Generalized Reduced Gradient Code for Nonlinear Programming,” *ACM Transactions on Mathematical Software*, vol. 4, no. 1, pp. 34–50, Mar. 1978, doi: 10.1145/355769.355773.