



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR



**DOCTORADO EN CIENCIAS EN RECURSOS
ACUÁTICOS**

**CAPTURA INCIDENTAL DEL CANGREJO TANQUE
Calappa convexa de Saussure (CALAPPIDAE) EN LAS
COSTAS DEL ESTADO DE SINALOA; ASPECTOS DE
SU DINÁMICA POBLACIONAL**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTORADO EN CIENCIAS EN RECURSOS
ACUÁTICOS**

**EN EL ÁREA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE
DE RECURSOS PESQUEROS**

PRESENTA:

CARLOS ALBERTO ARVIZU MERÍN

DIRECTORES:

**DR. JUAN FRANCISCO ARZOLA GONZÁLEZ
DR. JOSÉ ÁDAN FELIX ORTIZ**

MAZATLÁN, SINALOA, MÉXICO, JUNIO DE 2024



Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx

UAS-Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial
Compartir Igual, 4.0 Internacional



RESUMEN

El problema de la pesca incidental no solo afecta directamente a las especies no objetivo, sino que también pudiera comprometer seriamente a un ecosistema a nivel estructural y trófico. En este sentido, la situación de cangrejo tanque, *C. convexa* es digna a considerar, ya que desde hace décadas ha sido parte de la captura incidental tanto de la pesca de arrastre de camarón (*Penaeus*) como de la pesca artesanal de langosta espinosa (*Panulirus*) con redes de enmalle en las costas de Sinaloa. El objetivo fue determinar algunos aspectos de la dinámica poblacional en *C. convexa* capturado como parte de la pesca incidental de camarón. Se recolectaron en el presente estudio 359 organismos (179 machos y 180 hembras). Se presentaron diferencias entre la talla media del ancho de cefalotórax por sexo (124.4; 119.4; $t = 3.33$, $p < 0.001$), así como en el peso (327.6; 308.1; $U = 14012$, $p < 0.05$) mientras que, al analizar la estructura de tallas y pesos por zona de captura, no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). Respecto al crecimiento relativo (alometría) de las 8 relaciones morfométricas consideradas, en cinco se ajustó su modelo promedio. Además, se presentaron marcados puntos de quiebre o inflexión en las relaciones que implicaron al quelípodo izquierdo (pincer) para ambos sexos. Es preciso señalar que los modelos que describen este tipo de patrones estuvieron por arriba del 90% respecto a su peso de Akaike. La proporción sexual (PS; M:H) varió mensualmente de 0.39 a 0.51. En consecuencia, la preponderancia de las hembras en el mes de octubre fue significativamente más elevado (0.81:1; $\chi^2 < 0.05$). La PS por intervalo de tallas fluctuó de 0.31 en la talla

de los 113 mm a 0.67 para la talla de 137 mm de AC, sugiriendo posiblemente que los machos alcanzan mayores tallas que las hembras, se observó que el número de machos incrementaba a partir de los 125 mm. La talla media de madurez sexual en hembras por zona de captura varió de 78.1 a los 79.2 mm de largo de cefalotórax (LC), identificando a la zona de norte como la zona de muestreo donde el 50% de los cangrejos hembras alcanzaban su madurez fisiológica a una mayor talla (79.2 mm de LC).

PALABRAS CLAVE: Estructura de Tallas, Proporción sexual, Crecimiento relativo, Captura incidental, Crustáceos decápodos, Pacífico tropical mexicano.

ABSTRACT

The concern of bycatch not only directly involves non-target species, but might also seriously harming an environment at its structural and trophic level. In this sense, the situation of shame faced crab *C. convexa*, is worthy of considering, given that during decades this calappid crab has been associated with bycatch in both shrimp industrial trawling (*Penaeus*) and artisanal spiny lobster fishery (*Panulirus*) with gillnets across the coast of Sinaloa. This study aimed to determine some aspects of population dynamics on *C. convexa* harvesting as shrimp trawling bycatch. 359 organisms (179 males and 180 females) were collected in the current study. Statistical differences were found in mean size of the cephalothorax width between sex (124.4; 119.4, mm; $t = 3.33$, $p < 0.001$), as well as in weight (327.6; 308.1 mm; $U = 14012$, $p < 0.05$). Whereas analyzing the structure of sizes and weights by fishing zone, there were not any significant differences ($p > 0.05$). With regard to the relative growth (allometry), 8 morphometric relationships were examined here, to five of them an average model was adjusted. In addition, appreciable breaking or inflection points were identified to the relationships including the left cheliped (pincer) for both sexes. It should be noted that the models describing this type of patterns were above 90 % with respect to their Akaike index. The sex ratio (SR; M:F) varied monthly from 0.39 to 0.51. Consequently, the preponderance of females in October was significantly higher (0.81:1; $X^2 < 0.05$). The SR by size interval fluctuated from 0.31 for size of 113 mm to 0.67 for 137 mm of CW (carapace width), possibly suggesting that males reach larger sizes than females do.

It also observed that males underwent an increase at 125 mm CW. The average size at sexual maturity in females for fishing zone varied from 78.1 to 79.2 mm of their cephalothorax length (CL), establishing the northern area as the sampling area where 50 % of the female crabs reached their physiological maturity at a larger size (79.2 mm CL).

Key words: Size structure, Sex ratio, Relative growth, Bycatch, Decapod crustaceans, Mexican eastern tropical Pacific.

Al Laboratorio de Invertebrados y Ecología del Bentos, donde mi director **Dr. Juan Francisco Arzola González** es responsable, y al Laboratorio del Programa Camarón, cuyo responsable es mi co-director de tesis **Dr. José Adán Félix Ortiz**, ambos adscritos a la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa; además por la atención de todo su personal de investigadores hacia el trabajo propio de esta tesis, incluyendo el compartir sus experiencias en el trabajo que ellos desarrollan en la evaluación de algunos recursos pesqueros. La investigación de este cangrejo Tanque (*Calappa convexa*) es relevante para el laboratorio, debido a que es parte de la comunidad de crustáceos decápodos alternativos, por lo que se apoyó en parte con el proyecto de PROFAPI 2022: 'El cangrejo *Grapsus grapsus* (Crustacea: Grapsidae) un recurso potencial en el Pacífico mexicano", con clave PRO-A7-068.

DEDICATORIA

A Dios por la vida y rodearme de las mejores personas como mi familia y amigos

A mi señora madre, María de los Ángeles Arvizu Merín, por sus oraciones, esfuerzo y enseñanzas, corta se queda mi existencia para compensarte todo lo que has hecho por mi persona.

AGRADECIMIENTOS

De forma especial quiero expresar mi agradecimiento a mis Directores de mi Tesis de Posgrado: **Dr. Juan Francisco Arzola González** y **Dr. José Adán Félix Ortiz** de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa; ambos por sus acertadas sugerencias y consejos para la culminación de mi Tesis de Doctorado.

A mi revisor y miembro de mi Tesis de Doctorado: **Dr. Eugenio A. Aragón Noriega**, por su total asesoría e interpretación de los datos biológicos de los crustáceos.

A mi revisor y miembro de mi Tesis de Doctorado: **Dr. Guillermo Rodríguez Domínguez**, por sus consejos en el desarrollo de los modelos e interpretación de los mismos para el análisis pesquero de los crustáceos decápodos.

A mi revisor y miembro de mi Tesis de Doctorado: **Dr. Emigdio Marín Enríquez**, por sus acertadas sugerencias para el mejoramiento del manuscrito.

A los **Señores Pescadores de la Flota Pesquera de Mazatlán**, por su valiosa colaboración en la captura de organismos durante la pesquería de Camarón.

A la **Empresa Pesca Industrial Maros S.A. de C.V.** En particular al **Biol. Pesq. Jesús Ignacio Mezta Cabrera** Por la facilitación de los datos de campo y las muestras biológicas para el desarrollo de esta tesis.

A mis **Maestros** de quienes siempre aprendí lo mejor de ellos, de sus experiencias y de sus conocimientos académicos.

A la **Universidad Autónoma de Sinaloa**, a través de la Facultad de Ciencias del Mar, por permitirme desarrollarme académicamente en sus aulas de enseñanza.

Al Programa de **Posgrado del Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos** de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.

Al **Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT)**, por los recursos a través de una beca (CVU: 768717) de estudios otorgada para realizar mi estancia de Posgrado durante el doctorado.

Al proyecto **PROFAPI PRO_A7_068**, que financió el equipo de laboratorio requerido para la parte experimental.

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, a través de su biblioteca "**María Elena Caso Muñoz**". Asimismo, a la biblioteca "**Héctor Araiza Quintero**" de la Facultad de Ciencias del Mar, UAS. Por brindarme siempre ambas bibliotecas su acervos bibliográfico.

A todos aquellos que de alguna manera formaron parte de este manuscrito, gracias a todos ustedes.

INDICE

1.- Introducción.	. . . . .	.1
2.- Antecedentes.	. . . . .	.8
3.- Planteamiento del problema.	. . . . .	.13
4.- Preguntas de investigación.	. . . . .	.15
5.- Hipótesis.	. . . . .	.16
6.- Objetivos.	. . . . .	.17
Objetivo general		
Determinar algunos aspectos de la dinámica poblacional en <i>C. convexa</i> capturado como parte de la pesca incidental de camarón.		
Objetivos particulares		
1.- Describir la estructura de tallas de machos y hembras.		
2.- Analizar la estructura de tallas por zona de pesca y por sexo.		
3.- Estimar el crecimiento relativo (alometría) para machos y hembras.		
4.- Estimar la proporción sexual por intervalo de talla, peso y por tiempo.		
5.- Estimar la talla media de madurez sexual (hembras) por zona de captura.		
7.- Material y métodos.	. . . . .	.18
Área de estudio.	. . . . .	.18
Muestreos comerciales biológicos.	. . . . .	.18

Análisis de variables morfométricas. . . . .	.22
Proporción sexual. . . . .	.25
Talla media de madurez sexual. . . . .	.26
Análisis estadísticos. . . . .	.26
8.- Resultados y discusión. . . . .	.28
Estructura de tallas por sexo. . . . .	.28
Estructura de tallas y pesos por zona de captura. . . . .	.35
Crecimiento relativo. . . . .	.46
Coeficiente de alometría (b). . . . .	.50
Relación morfométrica de longitud del cefaltórax y peso. . . . .	.53
Proporción sexual. . . . .	.62
Talla de primera madurez. . . . .	.67
.	
9.- Conclusiones. . . . .	.72
10.- Bibliografía. . . . .	.75
11.- Anexos. . . . .	.88

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.-	Cangrejo Tanque <i>Calappa convexa</i> De Saussure, 1853.	3
2.-	Área de estudio. Los polígonos indican las zonas donde se efectuaron algunos arrastres, es decir las estaciones de muestreo.	19
3.-	Medidas de referencia (mm), anchura del cefalotórax (AN) y longitud del cefalotórax (LC) de <i>C. convexa</i> .	20
4.-	Medidas secundarias (mm), longitud (LPI) y anchura (API) del propodio del quelípodo derecho e izquierdo; crusher y pincer respectivamente, de <i>C. convexa</i> .	21
5.-	Peso total (g) de <i>C. convexa</i> .	21
6.-	Frecuencia absoluta por sexo para <i>C. convexa</i> .	28
7.-	Distribución de las variables morfométricas en <i>C. convexa</i> por sexo.	32
8.-	Frecuencia absoluta por zona para <i>C. convexa</i> .	36
9.-	Frecuencia absoluta por mes para <i>C. convexa</i> .	37
10.-	Distribución de las variables morfométricas en <i>C. convexa</i> por zona.	39
11.-	Valores del peso de Akaike (AIC) del Ancho del cefalotórax (AC) y largo del propodio de quelípodo derecho (LP _{der}), largo del propodio de quelípodo izquierdo (LP _{izq}), altura del propodio de quelípodo derecho (AP _{der}) y altura del propodio de quelípodo izquierdo (AP _{izq}) de <i>C. convexa</i> para los modelos candidatos: Lineal (L), Cuadrático (Q), Cúbico (C), línea rota (BS), dos segmentos (TS): Machos y Hembras.	49
12.-	Valores de coeficiente de alometría (b) para diferentes relaciones biométricas de <i>C. convexa</i> .	52

13.-	Relaciones morfométricas entre la anchura del cefalotórax y el peso de <i>C. convexa</i> . A y C. promedio del modelo Lineal. A. machos, C. hembras. B y D. variación del coeficiente dealometría (b). B. machos. D. hembras.	55
14.-	Variación de la proporción sexual (M:H). A, proporción por tiempo (meses); B por intervalo de tallas (AC) y C, por peso de <i>C. convexa</i> .	63
15.-	Talla media de madurez sexual en hembras de <i>C. convexa</i> por zona de captura (LC _{50%}).	69

INDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1.-	Modelos candidatos.	22
2.-	Mínimos, máximos, promedios y desviación estándar de las variables morfométricas por sexo.	29
3.-	Estadísticos y p-valores al explorar la normalidad de los datos de AN, LC (mm) y PT (g) de <i>C. convexa</i> por zona de captura.	42
4.-	Estadísticos y p-valores al explorar la homocedasticidad de varianzas por zona de captura de <i>C. convexa</i> .	43
5.-	Estadísticos y p-valores de anchura del cefalotórax (AN) longitud cefalotórax (LC) y peso total (PT) para la prueba paramétrica de un factor (ANAVA) por zona de captura de <i>C. convexa</i> .	44
6.-	Modelos seleccionados para las relaciones morfométricas en machos y hembras de <i>C. convexa</i> .	47
7.-	Estadísticos, p-valores y proporciones sexuales por mes de muestro y zona de captura.	64
8.-	Estadísticos, p-valores y proporciones sexuales por intervalo de tallas (mm) y de peso (g).	65

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de un panorama nacional pesquero sobre la captura de los crustáceos decápodos, el recurso camarón (peneidos) no tienen ninguna competencia si se refiere a términos netamente económicos, lo que implica no solo una gran y diversa infraestructura, sino también un considerable capital humano que impulsa este complejo sistema ecológico, biológico y social.

Pese a tan relevantes características, existen otras pesquerías comerciales marinas y costeras de este grupo taxonómico tanto en el litoral del Pacífico como del Golfo de México y del Caribe Mexicano. Así, por ejemplo, para la primera región encontramos una importante pesca de jaiba, azul, verde y negra; todas relacionadas con el género *Callinectes*: *Callinectes arcuatus*, *Callinectes belicosus* y *Callinectes toxotes*, respectivamente (Escamilla-Montes *et al.*, 2013, Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012, 2018, Diarte-Plata *et al.*, 2018). Asimismo, una gran captura de varias especies de langosta espinosa *Panulirus*: *Panulirus interruptus*, *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* (Arzola-González *et al.*, 2007, 2010, Pérez-González, 2008, 2011). Por otra parte, el interés por extraer la llamada jaiba del Golfo, actividad representada, igualmente, por varias especies como *Callinectes sapidus* (Rodríguez-Castro *et al.*, 2016, DOF, 2018).

En la literatura sobre ciencia pesquera, se ha acuñado un concepto que ha cobrado cada vez más injerencia dentro de las evaluaciones y planes de manejo pesquero, la denominada pesca incidental. Esta captura asociada puede influir

perjudicialmente sobre las comunidades marinas, por ende, sobre otras pesquerías de importancia comercial, involucrando no solo especies explotadas o explotables, sino también sobre aquellas que podrían suscitar algún interés científico, ecológico y social (Ayón-Parente, 1997, Ayón-Parente y Hendrickx, 2001, Madrid-Vera *et al.* 2007).

En este contexto, la captura de arrastre de camarón en zonas tropicales tiene la mayor tasa de descartes y de especies retenidas (Kelleher, 2008), dicha captura puede estar compuesta por algunos otros grupos de invertebrados (equinodermos, crustáceos, moluscos, etc.) y principalmente de peces, pudiendo esta fauna de acompañamiento ascender de acuerdo a diversas estimaciones hasta las 1000 especies de invertebrados y vertebrados (Madrid-Vera, 1998, Amezcua *et al.*, 2006).

En relación a lo anterior, se infiere que la región de la costa del Pacífico mexicano se erige como la zona más importante en cuanto a la composición de la captura de macroinvertebrados como por ejemplo los cangrejos y/o jaibas, langostas y camarones. Además, independientemente del sistema de pesca utilizado (arte), el fenómeno de la pesca incidental de estos y otros recursos se ha presentado de manera constante e indiscriminadamente través del tiempo, en especial para aquellas especies con una amplia distribución geográfica.

El cangrejo tanque *Calappa convexa* (Fig. 1) también conocido coloquialmente como “box crab” (cangrejo Tanque) o “shame-faced crab” (Brusca, 1980, Hendrickx,

1995, Hendrickx *et al.*, 2005), se ha extraído de forma regular como fauna asociada a peces, moluscos y otros crustáceos por medio de redes de enmalle y de arrastre a lo largo del Pacífico mexicano (Lim-Cisneros y Chavira-Oropeza, 1995, Ayón-Parente, 1997, Ayón-Parente y Hendrickx, 2001, Pérez-González, 2011, *et al.*, 2002, 2004; 2008). Si bien su captura es de carácter informal, según estos autores, esta última (*C. convexa*) pudiera destinarse al consumo directo, constituyendo un ingreso extra para los pescadores (Arvizu-Merin, 2019) como el caso del cangrejo *Mennippe frontalis* (Hendrickx, 1995; Carbajal y Santamaría, 2017).



Figura 1.- Cangrejo tanque *Calappa convexa* De Saussure, 1853.

El cangrejo *C. convexa* forma parte de la extensa familia Calappidae (Milne-Edwards, 1837) presenta una distribución geográfica bastante amplia; desde bahía Magdalena, en la costa occidental del Baja California Sur y, de Punta Peñasco,

Sonora, golfo de California, México, hasta Tumbes, Perú, incluyendo las Islas Galápagos (Brusca, 1980, Hendrickx, 1995, *et al.*, 2005). Esta especie habita preferentemente en los fondos lodosos, arenosos y rocosos, tanto de la zona intermareal como del sublitoral, en la franja de la plataforma continental (Ayón-Parente y Hendrickx, 2001, Arvizu-Merín *et al.*, 2021).

Presentan un par de robustos quelípedos, de talla mediana a grande, de cuerpo extremadamente cóncavo y forma globosa; su talla máxima conocida es de 145 mm (machos) y 127 mm (hembras) de anchura de caparazón (Garth, 1966, Brusca, 1980, Hendrickx, 1995, Bellwood, 2002). Por esta razón, algunos ejemplares alcanzan un peso fresco de hasta 700 g (Motoh, 1997, Arvizu-Merín *et al.*, 2022). *C. convexa* es considerada una especie análoga de *Calappa flammea*, *Calappa galloides*, *Calappa ocellata*, *Calappa tortugae* y *Calappa sulcata* cuyo hábitat se extiende por toda la región del Atlántico occidental, destacando el golfo de México (Felder *et al.*, 2009).

Aunque la captura del cangrejo tanque no cuenta con registros de producción oficiales como en la pesquería de jaiba (*Callinectes*), constituye un recurso explotado artesanalmente a nivel local y regional (Hendrickx, 1995, Pérez-González *et al.*, 1994, 2002, Ayón-Parente y Hendrickx, 2001, Arvizu-Merín *et al.*, 2022, Gutiérrez-Rubio *et al.*, 2023) debido a su abundancia, tanto en peso como en número, no solo en la pesquería industrial del camarón (Arvizu-Merín *et al.*, 2022), sino también en la pesca artesanal de langosta espinosa (*Panulirus*) de la región

del golfo de California, a lo largo de las costas del estado de Sinaloa (Arvizu-Merin, 2019). Podría ser en consecuencia, *C. convexa* una posible candidata para calificar como un recurso potencial para el consumo humano (Gastelum-Barrios, 2022) directo dentro de la Carta Nacional Pesquera (CNP, 2023), que aún, no es incluida.

Para los pescadores de la región del noroeste de México, el cangrejo Tanque lo aprovechan como alimento de alto valor proteico; estos suelen desprenderles el par de tenazas (primer par de pereiópodos) para luego regresar los cangrejos aún con vida al mar (Arvizu-Merin, 2019). Recursos pesqueros sujetos a este tipo de explotación, han sido denominados como reusables (Ehrhardt y Restrepo, 1989). No obstante, la mutilación de estos apéndices puede provocar desgarramiento y sangrado persistente (Romero, 2003; Vargas-Tellez *et al.*, 2021), si no ocurre por las suturas naturales para la autotomización; en la base (base-isquio) de los mismos pereiópodos (Mantel, 1983, Brock y Smith, 1998, Duermit *et al.*, 2015). Sin embargo, Hayashi *et al.* (1993) destacaron que los descartes de los cangrejos de los géneros *Calappa* y *Ovalipes* tienen un alto potencial como materia prima para la fabricación de aromatizantes para alimentos más que otras especies de braquiuros.

Este desprendimiento de quelas de *C. convexa* por parte de algunos pescadores y devueltos al mar, es probable, que estos cangrejos mueran por pérdida excesiva de fluidos o por una tardía regeneración de los pereiopodos (Juanes y Smith, 1995, Patterson *et al.*, 2009, Hogan y Griffen, 2014, Duermit *et al.*, 2017). Además, este desprendimiento imposibilita las actividades biológicas de defensa ante los

depredadores, una adecuada alimentación y su reproducción de estos cangrejos mutilados (Vargas-Tellez *et al.*, 2021).

Independientemente de lo anterior expuesto, aún persiste un vacío de información sobre algunos indicadores biológicos debido a que los estudios de esta índole son relativamente escasos, especialmente en esta región. Es por ello que resulta imprescindible generar información actualizada que mejore la comprensión de la influencia que la pesca pudiera ejercer sobre las especies que componen la llamada captura incidental mediante el análisis de algunos aspectos poblacionales puntuales, ya que estos se asocian con los movimientos migratorios, el crecimiento, reproducción y mortalidad (Yáñez-Arancibia, 1986), entre otros factores.

Sobre todo, para algunas especies de crustáceos decápodos por su disponibilidad, fácil captura y en consecuencia su vulnerabilidad, puesto que en la mayoría de los casos no se cuenta con ningún instrumento legal para la regulación de sus capturas. Para *C. convexa*, el grueso de la información producida hasta ahora trata sobre su identificación y distribución. Por ello, los estudios sobre la estructura de tallas, tamaño de la población, relaciones biométricas, crecimiento relativo, y la proporción sexual, entre otras variables pesqueras, son fundamentales en aras de una eventual evaluación pesquera de este recurso en el área del sur de Sinaloa donde el sector pesquero requiere evidentemente la implementación constante de programas de ordenamiento que promuevan el manejo de pesquerías alternativas como *C. convexa* basado en el ecosistema y sus componentes bióticos.

2. ANTECEDENTES

La mayoría de la información que se encuentra disponible, es referente a la familia Calappidae y se concentran principalmente a aspectos taxonómicos, distribución geográfica y a estudios filogenéticos, donde resaltan las investigaciones de Brusca (1980), Ng *et al.* (2002), Hendrickx *et al.* (2005), Ng y Lai (2012), Dulčić y Tutman (2012), Álvarez *et al.* (2014) y Sardo *et al.* (2020), quienes han aportado información relevante sobre tallas, distribución y taxonomía, entre otros datos biológicos-ecológicos de los cangrejos calápidos.

Referente a su biología reproductiva, Ewers-Saucedo *et al.* (2015) analizaron la morfología del sistema reproductivo en los cangrejos calápidos como *Calappa saussurei* y *Calappa pelii*, mediante microscopia electrónica de barrido y cortes histológicos transversales, señalando en ambas especies que el segundo par de gonóporos es mucho más largo que el primer par, además indicaron que este aspecto morfológico es exclusivo del género *Calappa*.

Asimismo, estos autores señalaron que el conducto genital de las hembras presentaba una parte cóncava en donde el receptáculo seminal (“espermática”), se divide en dos cámaras; una primera ventral de origen ectodérmico y mesodérmico, y la segunda dorsal meramente ectodérmica. Concluyeron que este elongado par de gonópodos secundarios se encargaba de depositar directamente el espermátforo hacia la cámara dorsal ectodérmica; diferenciándose así del patrón típico de otros crustáceos decápodos (Gutiérrez-Rubio *et al.*, 2021), ya que el

depósito del espermátforo comúnmente se asocia con el tejido mesodérmico del receptáculo seminal en la cámara ventral (Ruppert y Barnes, 1996).

Los aspectos alimenticios y fisiológicos en calápidos, Hughes y Elnor (1989), investigaron el nivel de especialización y funcionalidad de los quelípedos en *Calappa ocellata* sobre el mejillón *Brachidontes domingensis* en la bahía Whalebone, Bermudas. Estos autores, proponen que esta especie presenta un comportamiento oportunista; donde estos cangrejos de *C. ocellata* no mostraron predilección por algún tipo de presa, y que dicho comportamiento sería muy útil, especialmente si las presas escasean en esta zona.

Algunos autores como Rosas *et al.* (1992) analizaron las variaciones estacionales de la tasa respiratoria en siete especies de crustáceos decápodos, incluyendo tres especies de cangrejos, entre ellas, los juveniles de *Calappa sulcata*, los cuales orientaron su investigación al efecto del acoplamiento de dicha tasa alimenticia con los ritmos de su actividad nictimeral, y a las variaciones estacionales de la temperatura sobre las relaciones de competencia y la depredación.

Aspectos ecológicos de la familia Calappidae fueron analizados por Bellwood (2002), como la capacidad para ocultarse dentro del sustrato y sus implicaciones ecológicas, fisiológicas y morfológicas de estos cangrejos. Indicó que debido a su contacto directo con el sedimento, este grupo de braquiuros decápodos deben asegurar su acceso constante al agua bien oxigenada para evitar su ahogamiento,

por lo que llegó a la conclusión que estos organismos han desarrollado canales respiratorios accesorios, además, de poder alterar sus ritmos de respiración.

Alió *et al.* (2005) analizaron la ocurrencia en la captura de los cangrejos del género *Calappa* en la pesca de arrastre del camarón al oriente de Venezuela, donde *C. sulcata* y *C. flammea*, reportando que ambas especies representaron el 47 %, mientras que *Calappa nitida* constituyó el 5 % del total de la captura de cangrejos cálpidos. Debido a su gran tamaño, concluyeron que *C. sulcata* representa un mayor interés comercial, obteniendo organismos con un peso promedio de 290 g, y un máximo registrado de 720 g. Los organismos de *C. flammea* registraron un peso medio de 140 g y un máximo alcanzado de 418 g, mientras que *C. nitida* fue la especie más pequeña, con un peso promedio de 46 g y un máximo de ejemplares no mayor a 113 g.

Señalaron Alió *et al.* (2005) que aunque las capturas presentaron proporciones parecidas, sus intervalos de profundidad fueron muy amplios, desde unos cuantos metros hasta los 126 m, aunque las mayores capturas de estos cangrejos (*C. sulcata* y *C. flammea*) se obtuvieron dentro del intervalo de los 38 a 54m de profundidad.

En esta zona (sur del Golfo de California) Ayón-Parente y Hendrickx (2001) estudiaron a *C. convexa* como un recurso explotado localmente como parte de la captura incidental en la pesca artesanal de langosta espinosa (*Panulirus inflatus* y

Panulirus gracilis) en la bahía de Mazatlán (Arzola-González *et al.*, 2007, 2010, Pérez-González, 2008, 2011), Ayón-Parente y Hendrickx (2001) argumentaron que durante junio fue el mes que registró las máximas capturas de *C. convexa*, mientras que las mínimas ocurrieron en diciembre y marzo. Igualmente, que esta especie podía reproducirse durante todo el año, con picos máximos entre abril y agosto. Mencionaron que el 43 % de la captura correspondió a sustratos rocosos. Además, estimaron la distribución de frecuencia de tallas y estimaron la talla media de madurez sexual y la fecundidad, entre otros indicadores biológicos para organismos de *C. convexa* obtenida como captura incidental de langosta.

Sobre los estudios referentes al crecimiento relativo o alometría mediante el enfoque multi-modelo, Katsanevakis *et al.* (2007) estimaron los parámetros de algunas funciones alométricas en organismos marinos, incluyendo a los grupos de invertebrados (moluscos y braquiuros). Además, describieron la influencia de la incertidumbre entre el mejor modelo y los demás modelos candidatos sobre la precisión de los estimadores. En este sentido, Katsanevakis y Maravelias (2008) indicaron la fuerte dependencia al modelo para las estimaciones de los parámetros.

Lanelli, *et al.* (2016) integraron el factor temperatura a los modelos candidatos para proyectar escenarios sobre el clima con el fin de representar mejor la incertidumbre de los modelos. Trabajos que ejemplifican las ventajas del enfoque multi-modelo y las restricciones de las metodologías convencionales como las pruebas de hipótesis. Igualmente, Protopapa *et al.* (2007) estimaron los parámetros de

crecimiento relativo en el cangrejo *Pachygrapsus maroratus*, observando posibles puntos de inflexión en las trayectorias del coeficiente alométrico. Por otra parte, Dyer (2015) validó la efectividad de algunos modelos no lineales como alternativas a la función lineal para determinar el crecimiento relativo en el cangrejo rojo *Ucides occidentalis*.

Haddadi y Hemida (2019) estudiaron el crecimiento individual de *Calappa granulata* como la especie de cangrejo más representativa en las pesquerías de la costa este de Argelia, su relación peso-longitud indicó una alometría negativa, mientras que se obtuvieron una longitud infinita de 102.5 mm de longitud cefalotorácica (LC), así como también estimaron una curva de captura relativa ubicando en 59.6 mm (LC) para el valor de una $LC_{50\%}$, es decir, la longitud a la cual el organismo posiblemente es capturado por primera vez. Además, concluyeron que la especie está sujeta a una presión por pesca mayor a la recomendada.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de la pesca incidental no solo afecta directamente a las especies no objetivo, sino que también pudiera comprometer seriamente a un ecosistema a nivel estructural y trófico. En este sentido, la situación de cangrejo tanque, *C. convexa* es digna a considerar, ya que desde hace décadas ha sido parte de la captura incidental tanto de la pesca de arrastre de camarón (*Penaeus*) como de la pesca artesanal de langosta espinosa (*Panulirus*) con redes de enmalle en las costas de Sinaloa. No obstante, su reiterado potencial pesquero descrito en la literatura y que el estado de Sinaloa es el número uno en la producción pesquera de camarón y jaiba, el proceso de generación de información actualizada y relevante sobre *C. convexa* se encuentra interrumpido, olvidado y con falta de iniciativa.

Por lo que diseñar y llevar a cabo un estudio de *C. convexa* sobre algunos de aspectos de su dinámica poblacional como crecimiento relativo, alometría, estructura de la población, proporción sexual, etc., contribuiría a generar información práctica para robustecer el entendimiento de la biología de esta especie, además, que sería la primera vez que la captura incidental por la pesca industrial de camarón por la flota comercial del sur de Sinaloa de este cangrejo se analice bajo el paradigma multi-modelo.

Finalmente, en correspondencia con el enfoque de la línea de investigación tres del Posgrado en Ciencias en Recursos Acuáticos: aprovechamiento sustentable de recursos pesqueros del programa de doctorado, donde una de sus principales

características es la generación de conocimiento sobre los recursos potencialmente pescables. Se considera pertinente estudiar algunos aspectos de la dinámica poblacional en *C. convexa*, sobre todo por la escasa información básica, pero fundamental al estimar indicadores de manejo sobre este recurso.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo están representados los intervalos de talla y peso de la población de *Calappa convexa* que se captura incidentalmente por la pesca de camarón en Sinaloa?

¿Cómo se comportaría el patrón de crecimiento relativo del cangrejo Tanque (*C. convexa*)?

¿La distribución de la población del cangrejo Tanque Tanque (*C. convexa*) se encuentra de forma uniforme entre machos y hembras dentro del área de influencia de la pesquería industrial de camarón en Sinaloa?

5. HIPÓTESIS

- ✓ Existen diferencias en las tallas entre sexos de *C. convexa* capturado por el sector industrial de camarón.
- ✓ La ocurrencia del cangrejo tanque en las capturas de camarón se encuentra relacionada por factores como la zona de captura.
- ✓ El patrón del crecimiento relativo en *C. convexa*, expresado por el coeficiente de alometría, exhibe algunas discontinuidades entre sexos.

6. OBJETIVO GENERAL

Determinar algunos aspectos de la dinámica poblacional en *C. convexa* capturado como parte de la pesca incidental de camarón.

6.1. Objetivos particulares

- 1.- Describir la estructura de tallas de machos y hembras.
- 2.- Analizar la estructura de tallas por zona de pesca y por sexo.
- 3.- Estimar el crecimiento relativo (alometría) para machos y hembras.
- 4.- Estimar la proporción sexual por intervalo de talla, peso y por tiempo.
- 5.- Estimar la talla media de madurez sexual (hembras) por zona de captura.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1. Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el sureste del golfo de California. La pesquería de camarones peneidos en el Pacífico mexicano comprende desde el alto golfo de California, en el delta del río Colorado, hasta la frontera con Guatemala, incluyendo la costa occidental de Baja California Sur y los sistemas lagunares a lo largo del Pacífico mexicano (Madrid-Vera *et al.*, 2007).

Los tres polígonos de muestreo en que se dividió la franja costera del estado Sinaloa (Fig. 2) abarcaron una extensión aproximada de 622 km. Esta división se realizó con base a la información arrojada por los registros de captura de la pesca incidental en los avisos de arribo de la flota camaronera la empresa Pesca Industrial Maros S.A. de C.V., con su base de operaciones en el puerto de Mazatlán Sinaloa.

7.2. Muestreos comerciales biológicos

Se obtuvieron muestras mensuales de dos temporadas de pesca consecutivas (2019 – 2020 y 2020 – 2021) de algunos barcos que participan en la capturan camarón mediante redes de arrastre. Cabe señalar que la temporada de captura de camarón en aguas marinas comprende el período de principios de octubre a mediados de marzo. Se colectaron 359 especímenes de *C. convexa* (179 machos y 180 hembras) durante los primeros cuatro meses (octubre, noviembre, diciembre y enero) de las temporadas de captura antes mencionadas.

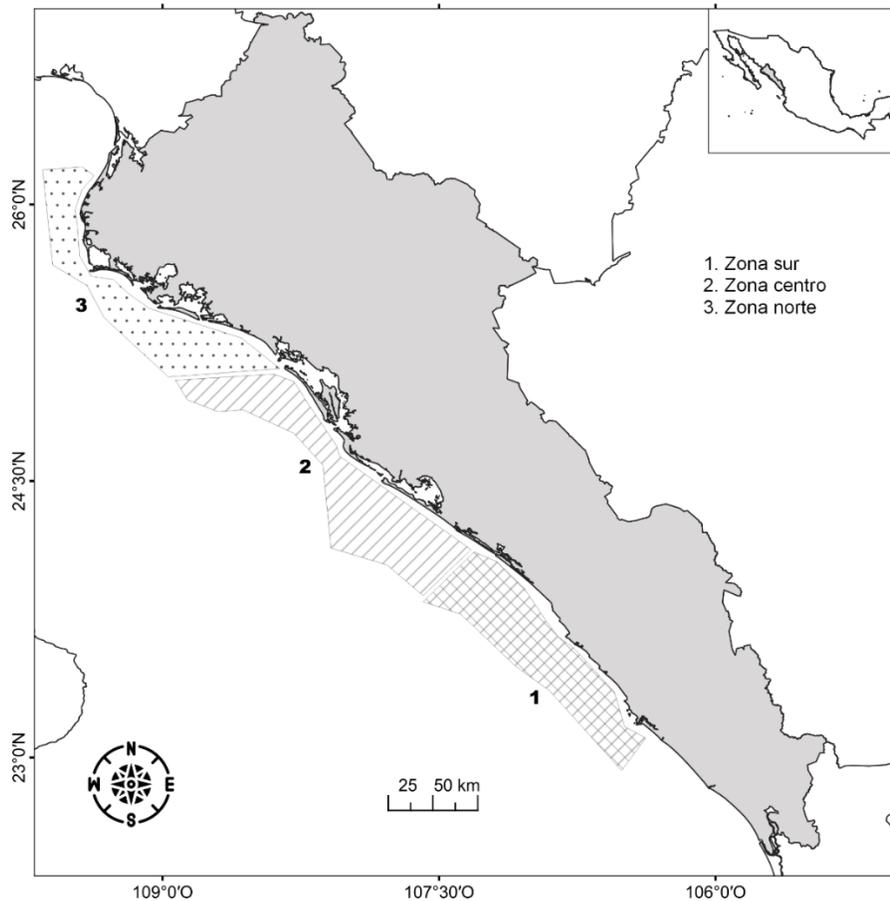


Figura 2. Área de estudio. Los polígonos indican las zonas donde se efectuaron algunos arrastres, es decir las estaciones de muestreo.

Se determinó el sexo a los cangrejos de acuerdo a sus características morfológicas del abdomen, así como el registro de las medidas en milímetros de las variables de referencia y secundarias: Ancho y largo del cefalotórax (AC y LC), largo y anchura del propodio del quelípedo derecho (LP_{der} y AP_{der}), así como del propodio del quelípedo izquierdo (LP_{izq} y AP_{izq}) mediante un pie de rey con sensibilidad de 0.01 mm (Fig. 3 y 4). Igualmente, se obtuvo el peso total (PT) en gramos de cada organismo con la ayuda de una balanza digital (Fig. 5).

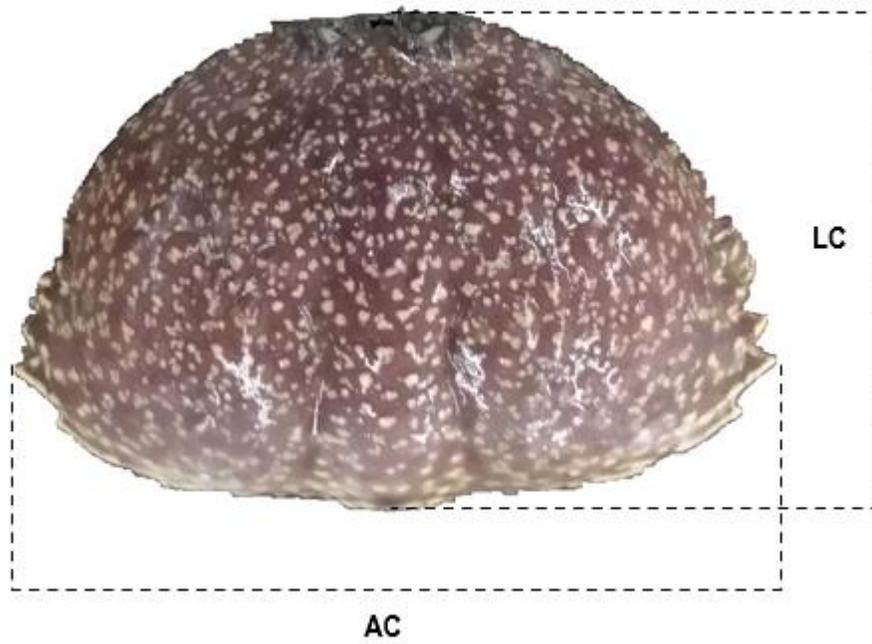
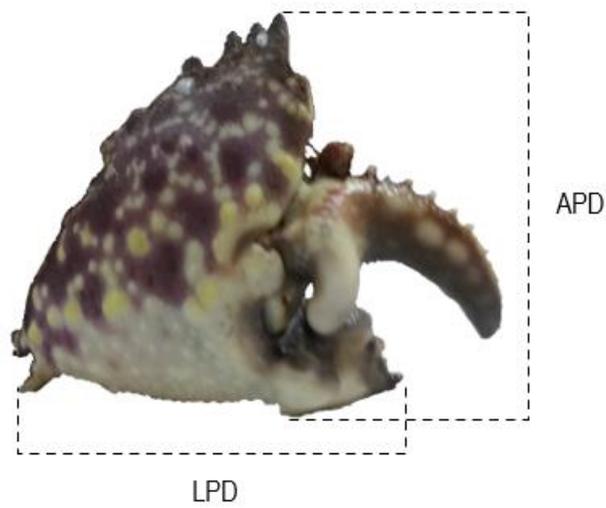


Figura 3. Medidas de referencia (mm), anchura del cefalotórax (AN) y longitud del cefalotórax (LC) de *C. convexa*.



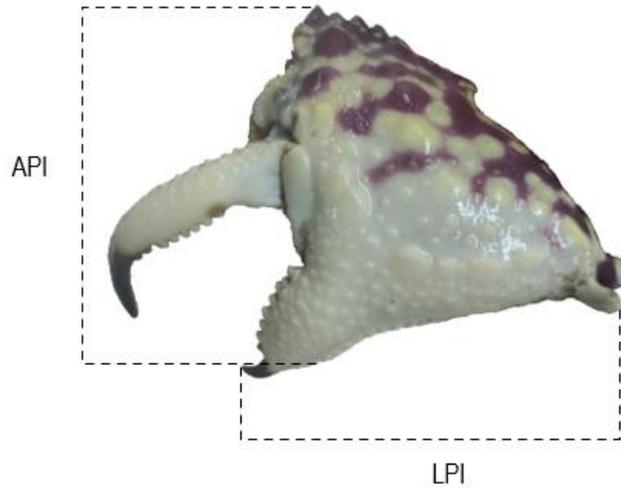


Figura 4. Medidas secundarias (mm), longitud (LPI) y anchura (API) del propodio del quelípedo derecho e izquierdo; crusher y pincer respectivamente, de *C. convexa*.



Figura 5.- Peso total (g) de *C. convexa*.

7.3. Análisis de variables morfométricas

Se ajustaron cinco funciones alométricas candidatas para los datos transformados logarítmicamente tanto para las variables de referencia (X) como las secundarias (Y):

Tabla 1. Modelos candidatos

Modelo	Abreviatura	Parámetros (K)	Función
Lineal	L	3	$\widehat{\text{LogY}} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{LnX}$
Cuadrático	Q	4	$\widehat{\text{LogY}} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{LnX} + \beta_2 * (\text{LnX})^2$
Cubico	C	5	$\widehat{\text{LogY}} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{LnX} + \beta_2 * (\text{LnX})^2 + \beta_3(\text{LnX})^3$
Línea Rota	BS	5	$\widehat{\text{LogY}} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{LnX},$ <i>para $X \leq B$</i> $\widehat{\text{LogY}} = \alpha_1 + (\beta_1 - \beta_2) * \text{LnB}$ $+ \beta_2 \text{LnX},$ <i>para $X > B$</i>
Dos segmentos	TS	6	$\widehat{\text{LogY}} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{LnX},$ <i>para $X \leq B$</i> $\widehat{\text{LogY}} = \alpha_2 + \beta_2 * \text{LnX},$ <i>para $X > B$</i>

Donde α_i = intercepto; β_i = pendiente; LogX = logaritmo natural de las variables morfométricas independientes; LogY = logaritmo natural de las variables morfométricas dependientes; y B_i = punto de inflexión.

Donde $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ son los parámetros a ajustar en las funciones, B (X) es el punto de quiebre o separación de dos tendencias lineales con diferente pendiente (Katsanevakis *et al.* 2007; Protopapas *et al.* 2008; Rodríguez- Domínguez, 2018).

La función lineal (L) asume que β es constante ($\beta = \beta_1$) durante el proceso de crecimiento; el modelo cuadrático (Q) y cúbico (C) asumen que β sufre cambios continuos respecto al cambio de talla ($\beta = \beta_1 + 2\beta_2Ln(x)$ y $\beta = \beta_1 + 2\beta_2Ln(x) + 3\beta_3Ln(x)^2$, respectivamente); la función de línea rota (BS) y dos segmentos (TS) proponen que β experimenta cambios abruptos, un valor constante de β_1 y β_2 , antes y después del punto de inflexión B (X). La función cuadrática y cúbica se ajustaron por medio de la función polinomial de segundo y tercer orden; todos los ajustes se realizaron asumiendo el error multiplicativo y un procedimiento iterativo utilizando el algoritmo de Newton para maximizar la función de log-verosimilitud.

$$LL(\theta|data) = \left(-\frac{2}{n}\right) \left[\ln(2\pi) + 2 \ln \left(\frac{\sqrt{\sum \ln(\omega/\hat{\omega})^2}}{n} \right) + 1 \right]$$

En las funciones de (BS) y (TS), dos líneas de regresión simples se ajustaron antes y después de cada valor de punto de quiebre B(X), el cuál varía entre el valor mínimo y máximo de la variable independiente con un intervalo lo suficientemente pequeño, luego, se seleccionó el punto de quiebre que maximiza la función de log-verosimilitud.

Lo anterior se llevó a cabo con la herramienta de Análisis de Hipótesis de Excel o su contraparte en lenguaje R. De igual forma, se empleó el índice corregido de Akaike para muestras pequeñas (AIC_c) para seleccionar la mejor función. Evidentemente, la función con el menor valor de (AIC_c) se seleccionó como la mejor

entre las funciones candidatas, se calculó las diferencias del (AIC_c) para cada función candidata con respecto a la diferencia menor expresada de la mejor función.

$$AIC_c = 2(\theta - LL) + \frac{2\theta(2\theta+1)}{n-\theta-1}$$

Donde θ es el número de parámetros para cada modelo + 1 (considera los supuestos de varianza constante y distribución aproximadamente normal de los residuales), n es el número de observaciones y LL es la máxima log-verosimilitud. Se seleccionó como el modelo de mejor ajuste entre el conjunto de modelos candidatos el que obtuvo el menor valor de AIC_c .

De igual manera, se determinó las diferencias (Δ_i) entre $AIC_{c,i}$ de cada modelo con respecto al $AIC_{c,min}$ del modelo con el mejor ajuste. De acuerdo con Burnham *et al.* (2011), los modelos con $\Delta_i < 2$ se consideran con un respaldo importante. Por otra parte, si un modelo registra $\Delta_i > 10$ se puede descartar dado que se percibe un pobre respaldo. Para cuantificar la plausibilidad de cada modelo, de acuerdo a los datos y al conjunto de funciones candidatas, se calculó el peso de Akaike (W_i) de cada modelo cómo:

$$W_i = \frac{e^{(-0.5\Delta_i)}}{\sum e^{(-0.5\Delta_i)}}$$

Finalmente, cuando fue necesario se estimó para este procedimiento el modelo promedio junto con su coeficiente de alometría; al sumar el producto de cada variable de respuesta estimada (\hat{Y}) de cada función candidata por su respectivo peso de Akaike (W_i).

7.4. Proporción sexual

La proporción de sexos (PS) se estimó mediante la “razón”:

$$PS = M / (M + H)$$

Donde:

Ps = proporción sexual (entre 0 y 1)

M = número total de machos

H = número total de hembras

(H+M) = número total de organismos de la muestra

Este coeficiente se analizó por mes e intervalo de tallas. Cuando los valores de PS fueron menores de 0.50, la población está compuesta en mayor cantidad por hembras. Caso contrario, cuando los valores fueron mayores de 0.50 indican un mayor número de machos. Se ejecutó una prueba de χ^2 a un nivel de significancia del 5% para validar la significancia estadística entre la proporción de sexos.

7.5. Talla media de madurez sexual

En las hembras se detectaron algunas características sexuales secundarias como la flexibilidad del pleon, la ausencia o presencia, tamaño y número de las cerdas que recubren los endopoditos de los pleópodos, así como restos de masa ovígera.

La proporción de la madurez estimada se ajustó de acuerdo al siguiente modelo logístico:

$$\hat{p}_i = \left(\frac{1}{1 + e^{-(Ac_i - Ac_{50\%})/\varphi}} \right)$$

\hat{p}_i es igual a la proporción de la madurez estimada para intervalo i de AC; Ac_i es el promedio del ancho del cefalotórax (AC) para el intervalo i ; $Ac_{50\%}$ corresponde a la talla a la madurez de AC y φ es el parámetro del modelo.

Para el evaluar la proporción sexual se elaboraron tablas de contingencia por mes, intervalo de tallas y zona de captura para, posteriormente, examinar la relación de independencia mediante la de prueba chi-cuadrado.

7.6. Análisis estadísticos

Se exploraron la distribución de los datos morfométricos por sexo y por zona de captura como variables de agrupación para saber si se ajustaban a la distribución normal teórica de Gauss mediante pruebas de normalidad (pruebas K-S con modificación de Lilliefors), asimismo se contrastó el supuesto de homocedasticidad de varianza de los datos.

En consecuencia, se ejecutaron las correspondientes pruebas de hipótesis para verificar la significancia estadística (al 5 % de valor de alfa) por la vía por la vía paramétrica o no paramétrica, dependiendo de los resultados en la exploración

estadística de la distribución los datos (Zar, 2014). Para abordar lo descrito por cada punto de los objetivos particulares se recurrió tanto al complemento (add-in) estadístico Megastat y Real-Statistics compatibles con Excel 2019.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

OBJETIVO 1 DESCRIBIR LA ESTRUCTURA DE TALLAS DE MACHOS Y HEMBRAS.

8.1. Estructura de tallas por sexo

Describir la estructura de tallas de machos y hembras.

Se analizaron en total 359 organismos, de los cuales 50.1 % (180) correspondieron a hembras y el restante 49.9 % (179) a machos (Fig. 6). En hembras se observaron los máximos en AC, LC y Pt. Sin embargo, en promedio para todas estas variables morfométricas en la población del cangrejo tanque para esta zona resultaron los machos con las tallas mayores, mientras que las tallas mínimas capturadas en los cangrejos tanque coincidieron en ambos sexos (Tabla 2).

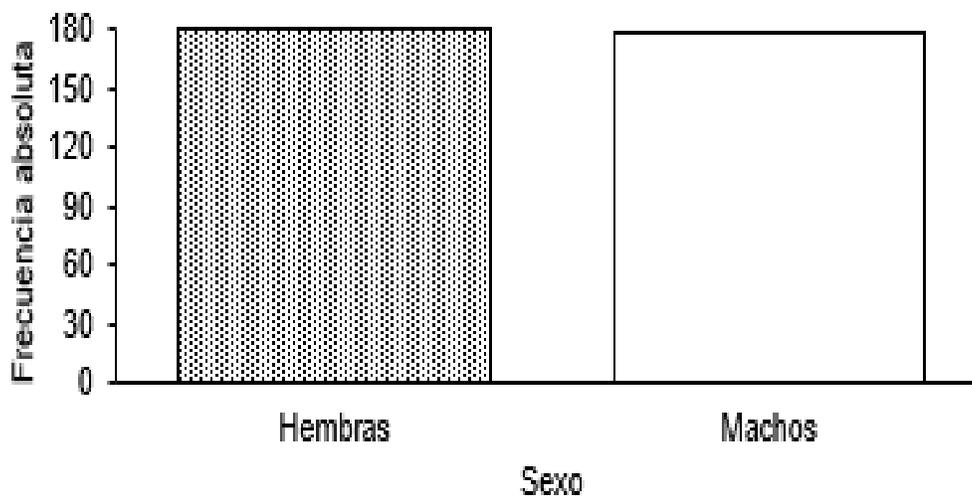


Figura 6. Frecuencia absoluta por sexo para *C. convexa*.

Tabla 2. Mínimos, máximos, promedios y desviación estándar de las variables morfométricas por sexo.

	LC (mm)		LT(mm)		PT (g)	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
No.	179	180	179	180	179	180
Mínimo	67.33	65.45	89.92	91.58	134.23	109.23
Máximo	95.93	101.47	144.22	145.61	501.22	529.92
Media	82.62	82.01	124.44	119.47	327.64	308.08
D.E.	7.11	8.91	13.87	14.43	86.90	105.15

Además, otros autores (Arzola-González *et al.*, 2008, 2011) han indicado la presencia del cangrejo Tanque en aguas someras y en aguas menores a los 40 m de profundidad, pero haciendo referencia para una importancia pesquera para otras especies de crustáceos decápodo como jaibas (*Callinectes*) y langostas espinosas (*Panulirus*), Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2018) y Pérez-González (2011), respectivamente, así como para una gran diversidad de escama para el área de las costas del noroeste de México.

Al analizar las tallas obtenidas para los organismos de *C. convexa*, la talla en AC más pequeño fue de 89.92 mm (macho), mientras que la máxima fue una hembra de 145.61 mm. Hendrickx (1995) considera que esta especie alcanza tallas de medianas a grandes de acuerdo a los registros máximos conocidos de 145 y 127 mm (LC), para machos y hembras, respectivamente. Arvizu-Merín (2019) registró intervalos de talla para esta variable entre 49.9 y 139.3 mm para machos y entre los 48.4 y 137.6 mm en hembras capturados incidentalmente en la pesca artesanal de langosta espinosa en el sur de Sinaloa.

Estos valores registrados en el presente estudio, indican que la estructura de tallas de AC del cangrejo tanque, coincidieron con lo reportado por Hendrickx (1995) y Arvizú-Merín (2019) en cuanto a las máximas tallas de AC, pero no en las mínimas observadas, ya que este último autor indicó menores tallas en AC del cangrejo tanque que este estudio, lo anterior quizás, esté relacionado a que en este estudio se abarcó una mayor profundidad a la que normalmente trabajan los barcos camarones que las embarcaciones langosteras, aunque la zona de estudio si fue muy similar.

Los intervalos de tallas de AC fueron de 89.92 y 144.22 mm y de 91.58 y 145.61 mm para machos y para hembras, respectivamente (Fig. 7). Es decir, se presentó una menor amplitud o un intervalo más restringido de tallas del cangrejo tanque en la pesca de camarón para ambos sexos.

Al respecto, Pérez-González (2006) señaló que todas las especies de crustáceos decápodos que son capturados como pesca incidental de camarón, se encuentran en su fase adulta, además indicó que los organismos de estas especies son muy abundantes, de buen tamaño (peso) y que además resaltan las especies de *C. convexa* y *M. frontalis* en esta zona. Por esta razón, quizás éste relacionado este reducido intervalo de tallas en *C. convexa* en la captura de camarón como lo señaló Pérez-González (2006) en la zona costera del sur de Sinaloa. McLay y Becker (2015) mencionaron que durante el período de verano, otoño e invierno, capturaron

solamente cangrejos Tanques de tallas medianas a grandes, siendo la talla más frecuente entre 75 y 80 mm de LC.

Con respecto al Pt de *C. convexa*, se presentaron intervalos de peso para machos de 134.23 y 501.22 g, mientras que en hembras la variación fue de 109.23 a 529.92 g. Sin embargo, en promedio para el total de la población del cangrejo tanque el 50% de la población se ubicó por encima de los 289 g (Fig. 7).

De acuerdo con las inferencias del análisis exploratorio de los datos, se determinó ejecutar una prueba paramétrica para dos muestras independientes (t-student), cuyo resultado demostró que había diferencias (altamente) significativas ($t = -3.33$, $p < 0.001$) en las tallas medias de ancho de cefalotórax (AC) entre machos y hembras (Fig. 7). Ayón-Parente (2001) señaló que las hembras alcanzaron mayores tallas en cuanto a longitud de caparazón (72.8 y 75.7 mm de LC) al diferir significativamente.

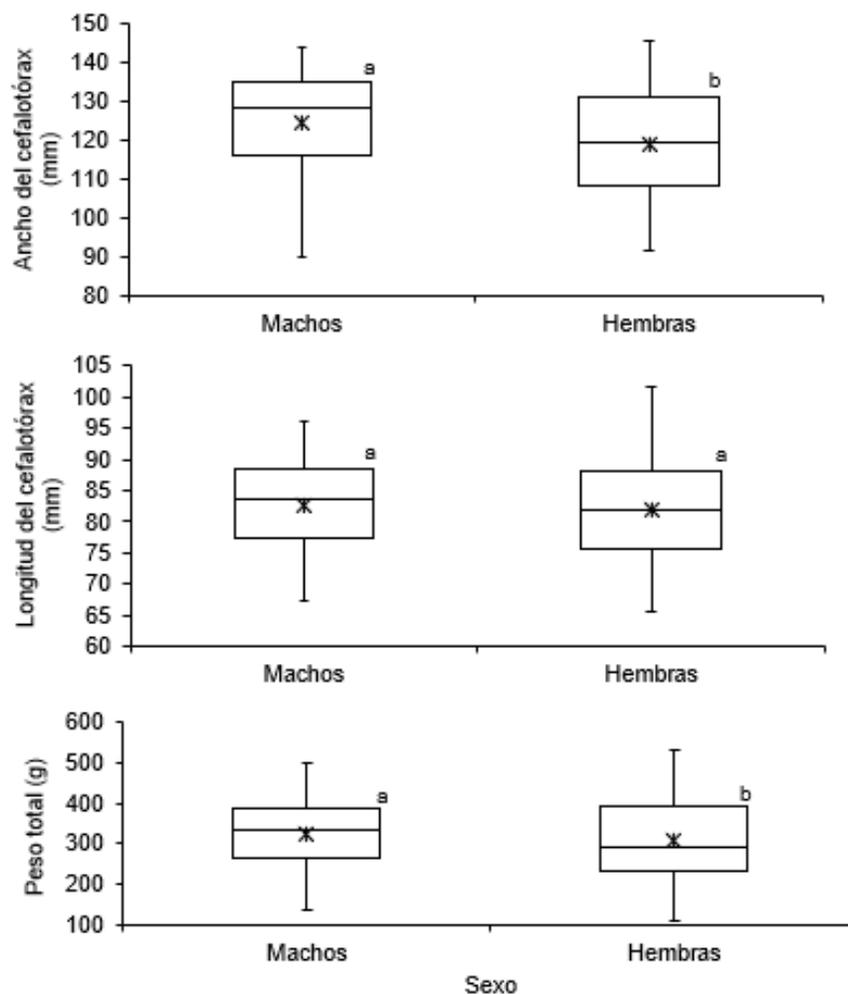


Figura 7. Distribución de las variables morfométricas en *C. convexa* por sexo.

Respecto a esta variable (LC) en este estudio no se encontraron diferencias significativas ($U = 15088, p > 0.2$). Este autor (Ayón-Parente, 2001) utilizó esta variable como indicador de la talla de acuerdo a lo sugerido por Finney y Abele (1981) y Gray y Newcome (1939) de que se debe considerar como medida de referencia una variable que sea menos susceptible a los cambios por procesos

biológicos (ontogénicos), en este caso, señalaron a la madurez sexual morfométrica especialmente en los estudios de crecimiento relativo.

Algunos autores como Haddadi y Hemida (2019) analizaron las longitudes promedio por sexo en *C. granulata*, reportando organismos de 65.1 mm en machos y de 65.2 mm en hembras (LC), para la costa este de Argelia, concluyendo que no hubo suficiente evidencia para aceptar la significancia estadística al 5 % de alfa, esto es, la posible existencia de diferencias o la presencia de algún efecto como arte de pesca o de carácter climático, entre otros factores. Muchas veces las diferencias entre las tallas entre sexos, se deben a predisposiciones genéticas relacionadas con la reproducción, debido a que en los crustáceos muchas hembras prefieren machos dominantes, usualmente de tallas mayores (Romero, 2003; Mclay y Becker, 2015; Subramoniam, 2017).

En cuanto al peso total (Pt) entre machos y hembras, al igual que ocurrió con el ancho de cefalotórax, se encontraron diferencias significativas ($U = 14012$, $p < 0.05$), siendo evidente que ambas variables (ancho y peso) son las que resultan posiblemente más afectadas por los procesos antes mencionados. Motoh (1997) menciona que esta especie podría alcanzar un peso fresco de hasta 700 g. A este respecto, se obtuvo un ejemplar hembra de *C. convexa* con un peso máximo de 529.92 g. Sin embargo, los organismos del cangrejo tanque de acuerdo a Motoh (1997) fueron capturados en la costa de Ecuador al sur de América y no hacía el

norte de América, es decir otra área geográfica, con condiciones distintas a esta zona del golfo de California.

OBJETIVO 2. ANALIZAR LA ESTRUCTURA DE TALLAS POR ZONA DE PESCA Y POR SEXO.

8.2. Estructura de tallas y pesos por zona de captura

De acuerdo a la frecuencia de aparición del cangrejo tanque en los arrastres de camarón, así como a las recomendaciones sobre el tamaño de muestra y su efecto sobre el poder o robustez de las pruebas de hipótesis al llevar a cabo un análisis estadístico de más de dos muestras independientes (Zar, 2014).

La franja costera adyacente con el estado de Sinaloa se dividió en tres polígonos o zonas de captura, pero principalmente debido a este factor por parte de los pescadores de esta zona donde comúnmente capturan el camarón. Por lo tanto, la tendencia de la distribución de *C. convexa* por zonas de captura mostró estar equilibrada en cuando al número de organismos, presentando la zona norte con 120 cangrejos tanque (33.43%), la zona centro 116 (32.31%) y sur 123 (34.26%) especímenes de *C.convexa* (Fig. 8).

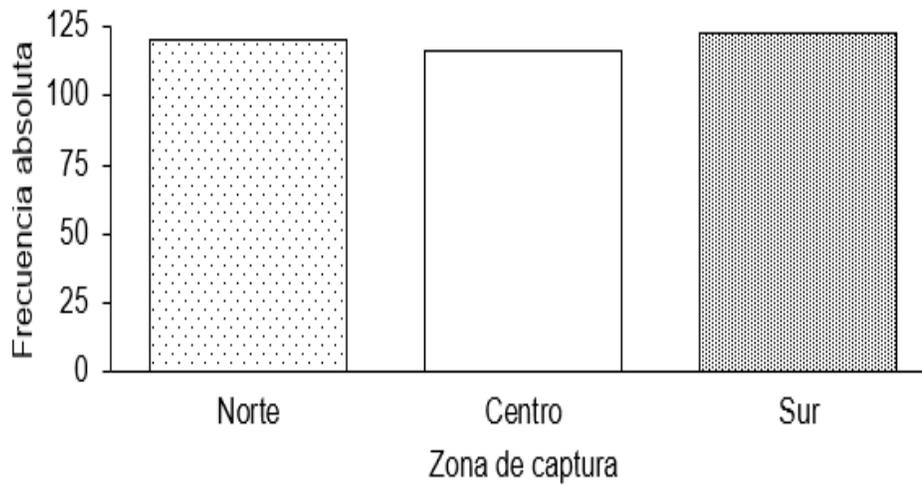


Figura 8. Frecuencia absoluta por zona para *C. convexa*.

Por el contrario, al considerar a los meses de muestreo como la variable de agrupación (Fig. 9), en enero se obtuvo la menor cantidad de organismos con 51 (14.2 %) y la mayor captura correspondió noviembre, sin embargo la mayor variación de frecuencia se ubicó entre los meses de octubre a diciembre, que comúnmente es mayor la actividad camaronera por temporada, es decir los primeros viajes de faena.

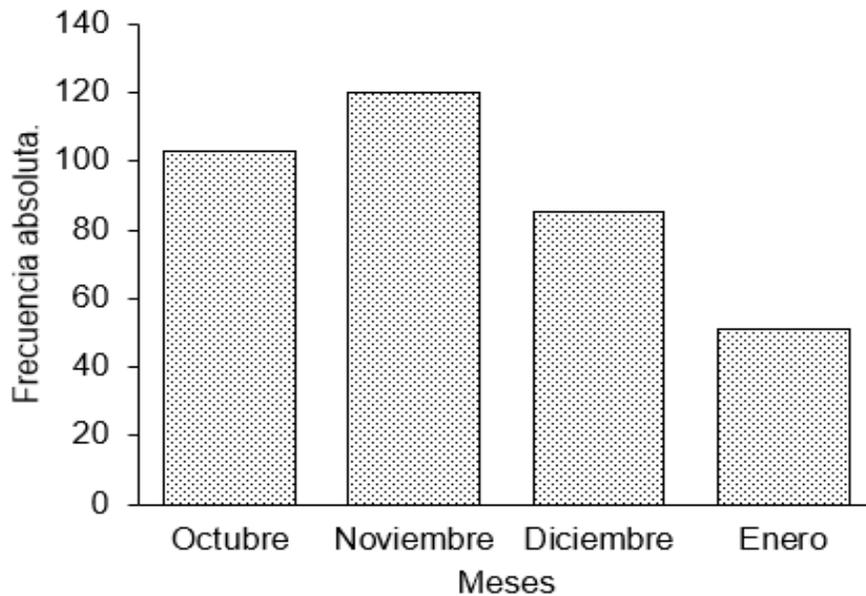


Figura 9. Frecuencia absoluta por mes para *C. convexa*.

Ahora bien, en cuanto a la estructura de tallas por zonas, el calápido más pequeño correspondió a un macho de 89.92 mm de AC, fue capturado en la zona centro, mientras que el organismo más grande en talla fue una hembra de 145.61 mm (AC) y corresponde a la región sur de la costa del estado de Sinaloa. Aunque en peso, coincidió también en una hembra de 529.92 g, pero esta hembra fue capturada en la zona norte del estado.

En cuanto a los intervalos de talla por zonas, la zona norte exhibió tallas comprendidas entre 92.17 y 144 mm de AC, la zona centro de 89.92 y 145.5 mm, y en el sur entre 90.59 y 145.61 mm. Al analizar la tallas (AC) por zona de la población del cangre tanque, la dispersión por cada intervalo mediante su rango intercuartil, indicó que la zona sur (24.36 mm) presentó el intervalo con mayor variabilidad,

seguida por la zona norte (22.48 mm) y posteriormente la zona centro con 21.06 mm (AC).

Los intervalos para el resto de las variables morfométricas en LC, fluctuaron de 65.45 y 101.47 mm, 65.64 y 99.93 mm y 66.1 y 100.16 mm, para la zona sur, norte y centro, respectivamente. Mientras que sus rangos intercuartil, resultaron en LC de 11.89 mm (zona sur), 12.0 mm (zona norte) y 11.01 mm (centro) (Fig. 10). Ayón-Parente (2001) señaló que la mayoría de sus calápidos (75 %, de un total de 274 cangrejos) se ubicaron en un intervalo de 70 a 90 mm de LC, mientras que en este estudio por zonas de pesca. Los resultados coincidieron, ya que el 75 % de los organismos capturados se ubicaron entre las tallas de 75 y 99 mm de LC (Fig. 10).

Con fines comparativos con otros estudios, en cuanto al peso los intervalos por zona de pesca, correspondieron a la zona sur de 109.23 a 526.41 g, con un intercuartil de 154.55 g, en la zona centro con una variación e intercuartil de 136.78 a 522.27 g, 151.68 g, respectivamente y la zona norte de 147.63 a 529.92 g con un intercuartil de 125.87 g (Fig. 10).

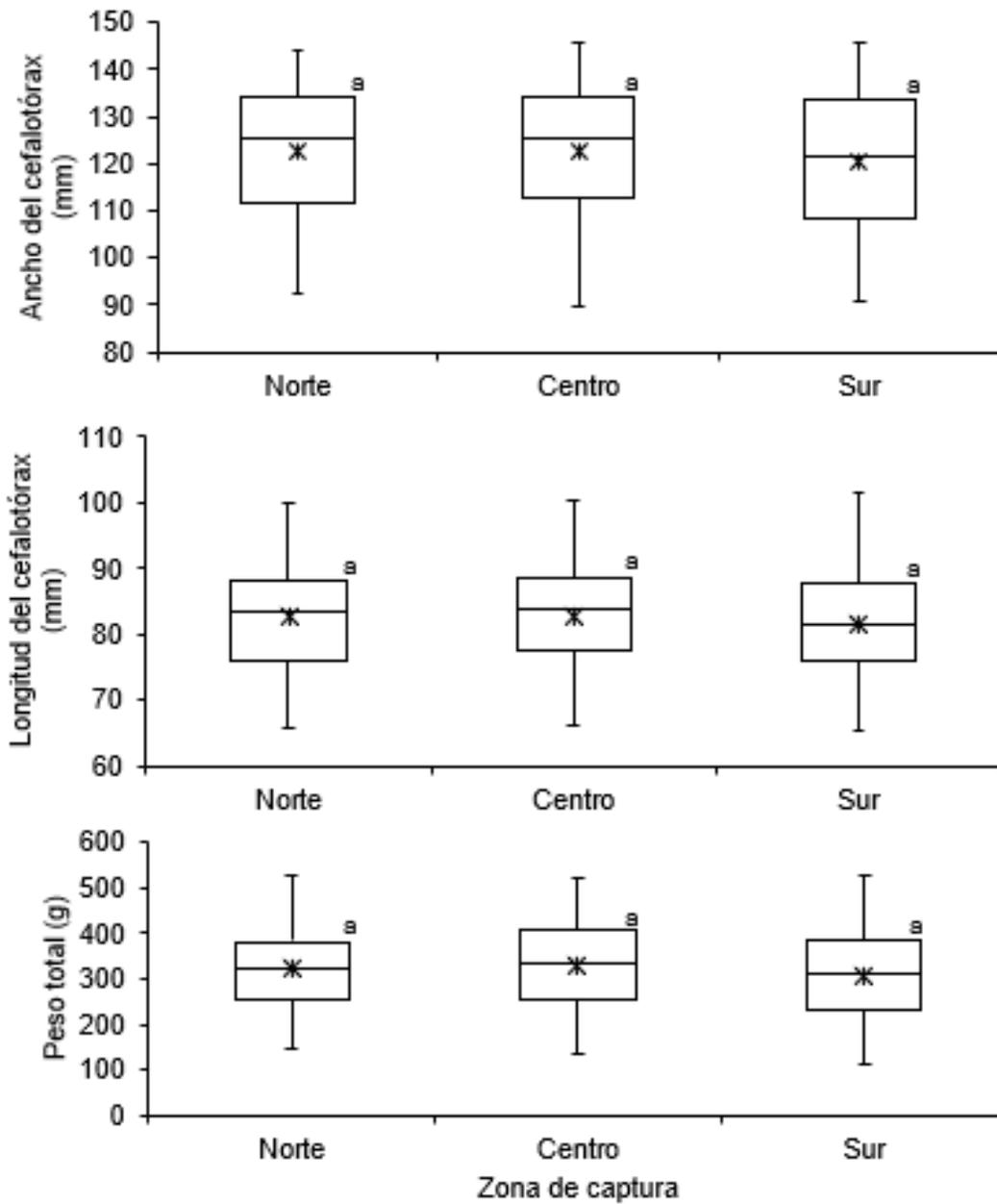


Figura 10. Distribución de las variables morfométricas en *C. convexa* por zona.

Ayón-Parente (2001) señaló que los mayores cangrejos en longitud fueron muy pocos capturados, por arriba de 84 mm de AC, ligeramente por encima de los aquí registrado sobre la zona costera de Sinaloa, ya que aproximadamente el 50 % de

los cangrejos tanque presentaron una talla de AC por arriba de los 81 mm. Arvizú-Merín (2019) determinó que el 50 % de *C. convexa* presentaron una talla de LC entre 74 y 75 mm. Ambos estudios de Ayón-Parente (2001) y Arvizú-Merín (2019) fueron realizados en la zona sur de Sinaloa y con un arte de pesca distinto (redes langosteras) comparados con este estudio que se utilizaron redes para camarón.

Por otra parte, Haddadi y Hemida (2019) observaron una talla y peso máximo en *C. granulata* de 88.34 mm de LC y 298.7 g. Concluyeron que este calápido se encuentra bajo presión por pesca. En comparación a este estudio, el 25 % de la captura incidental de *C. convexa* por la flota camaronera del sur de Sinaloa sobre la franja costera del estado de Sinaloa, se ubicó en cangrejos tanque entre las tallas de LC de 65 a 77 mm.

Lo anterior indica que *C. convexa* es menor que *C. granulata* (Haddadi y Hemida, 2019) con la diferencia de que aquí en esta zona aún no existe evidencia de que la captura del cangrejo tanque se encuentre bajo presión, debido a que no existe aún una pesquería objetivo de *C. convexa* en el noroeste de México. Solamente es capturado como pesca incidental en la pesquería de langosta en las costas del sur de Sinaloa (Ayón-Parente y Hendrickx, 2001, Arvizú-Merín *et al.*, 2021).

La estructura de tallas aquí registrada se encuentra referida a organismos de mayores tallas y peso, aunque la mayoría de ellos coincidieron en ambas temporadas de pesca en los meses de octubre y noviembre; probablemente este

relacionado con Hendrickx (1997) quien indicó que la posibilidad de capturar organismos más pequeños de muchos braquiuros, incluyendo a *C. convexa*, corresponde a los meses de primavera y verano para el sur de Sinaloa, lo cual es común capturar en las redes de pesca cangrejos tanque con tallas con tendencia a adultos que los juveniles durante las temporadas de pesca de camarón en la costa de Sinaloa.

La dispersión de los datos entre las zonas de captura, es probable que se mantenga una tendencia en equidad o en equilibrio la población del cangrejo tanque (Fig. 10), pero el comportamiento de los datos presentó evidentes discrepancias (o desviaciones) en la distribución de la normalidad de los datos para las variables de LC ($p < 0.01$) y en peso ($p > 0.05$), aunque, se determinó que los datos provienen de una población de *C. convexa* que se distribuye normalmente para los tres niveles del factor (Tabla 4).

Sin embargo, Sparre y Venema (1992) y Zar (2014) señalaron que la robustez de una prueba al contrastar la igualdad de varianzas cuando no se tiene la certeza de la magnitud en las desviaciones de la normalidad en los datos, estos autores mencionados, recomiendan otras alternativas a las pruebas más utilizadas o en su defecto sus versiones mejoradas o modificadas. Por consiguiente, se optó por realizar tres pruebas estadísticas (p. Bartlett, p. Fligner-Killeen y p. Levene) al explorar la homogeneidad de varianzas, cada una con diferente poder, lo que significa que presentan cierta tolerancia a dichas desviaciones como fue el caso

para las variables de longitud cefalotorácica (LC), que presentaron marcadas discrepancias respecto a los supuestos de normalidad (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Estadísticos y p-valores al explorar la normalidad de los datos de AN, LC (mm) y PT (g) de *C. convexa* por zona de captura.

(AN) Ancho del cefalotórax (mm)			
K-S	Norte	Centro	Sur
n	120	116	123
D _{max}	0.1103	0.0991	0.0916
p-valor	0.001	0.0069	0.0129

(LC) Longitud del cefalotórax (mm)			
K-S	Norte	Centro	Sur
n	120	116	123
D _{max}	0.0692	0.1007	0.0577
p-valor	0.17	0.0056	0.4

(PT) Peso Total (g)			
K-S	Norte	Centro	Sur
n	120	116	123
D _{max}	0.0652	0.0689	0.0667
p-valor	0.23	0.19	0.19

Tabla 4. Estadísticos y p-valores al explorar la homocedasticidad de varianzas por zona de captura de *C. convexa*.

Variable	Prueba	Estadístico	p-valor
AN		1.1749	0.55
		1.4903	0.47
		1.057	0.34
LC	Bartlett	1.0258	0.59
	Fligner-Killeen	0.9924	0.60
	Levene	0.4684	0.62
PT		2.1429	0.34
		2.8798	0.23
		1.0297	0.35

Conforme a los resultados obtenidos y tomando en consideración las recomendaciones para minimizar la incurrancia al error de tipo I (Zar, 2014), al realizar el análisis exploratorio de los datos para más de dos muestras o grupos, se procedió a realizar una prueba de Análisis de Varianza (p . ANOVA de un factor) con un nivel del 5 % de significancia estadística ($\alpha=5$ %). Resultando que no hay suficiente evidencia estadística como para rechazar H_0 ($p > 0.05$) para ninguna de las variables morfométricas (AC, LC y PT) entre las zonas de captura de *C. convexa* de la zona norte, centro y sur de la costa de Sinaloa (Tabla 5).

La falta de evidencia para indicar que existe una diferencia entre la población del cangrejo tanque entre las zonas costeras de Sinaloa, podría estar relacionado con dos grandes aspectos biológicos y/o ecológicos de los cangrejos braquiuros, Gutiérrez-Rubio *et al.* (2015) no encontraron diferencias en las tallas entre de la población de *G. grapsus* en las islas Lobos, Venados y Pájaros de la bahía de Mazatlán, atribuyendo esto a la cercanía que existe entre las tres islas, por lo tanto,

el cangrejo roca aparentemente se trata de una misma población que es posible que se distribuya geográficamente sobre la línea de costa del noroeste de México y Golfo de California (Brusca, 1980, Hendrickx, 1995, *et al.*, 2005, Ayón-Parente y Hendrickx, 2001, Arvizú-Merín *et al.*, 2021).

Tabla 5. Estadísticos y p-valores de anchura del cefalotórax (AN) longitud cefalotórax (LC) y peso total (PT) para la prueba paramétrica de un factor (ANAVA) por zona de captura de *C. convexa*.

Variable	gl	Estadístico F	p-valor
(AC)	2	0.9682	0.38
(LC)	2	0.7062	0.49
(PT)	2	1.7284	0.17

Por otro lado, este cangrejo (*G. grapsus*), al igual que en *C. convexa*, ambas especies marinas, carecen de apéndices natatorios a diferencias de los cangrejos del genero *Callinectes*, además de un comportamiento huraño, típico de muchos cangrejos braquiuros (Bellwood, 2002), que en muchas especies les han favorecido para adaptarse mucho mejor a su hábitat (Hughes y Elnor, 1989; Rosas *et al.* 1992).

Además, que durante este estudio, los cangrejos de *C. convexa* fueron recolectados en pocos meses debido al periodo de trabajo de los barcos camaroneros en Sinaloa, lo que podría explicar la ausencia de diferencias o la irrelevancia de un efecto en la población de *C. convexa* capturado incidentalmente por la pesca industrial de camarón en las costas de Sinaloa.

OBJETIVO 3. ESTIMAR EL CRECIMIENTO RELATIVO (ALOMETRÍA) PARA MACHOS Y HEMBRAS.

8.3. Crecimiento relativo

El mejor modelo para el crecimiento relativo de *C. convexa* varía de acuerdo con la relación morfométrica en machos y hembras. El largo del propodio del quelipodo derecho (quela) (LP_{der}) y el peso, es mejor representado por una tendencia lineal cuando la anchura del cefalotórax es utilizado como referencia su dimensión. En cambio, el largo del propodio del quelipodo izquierdo (quela) (LP_{izq}) y el peso presentaron una clara tendencia a un punto de inflexión (Fig. 11).

En la relación morfométrica del cangrejo tanque entre anchura del cefalotórax y la largo del propodio del quelipodo derecho (quela) (LP_{der}), resultado mejor representado por el modelo Lineal y con un alto peso del Akaike (W_i) en machos y hembras, en 53.55 % y 46.83 % (W_i), respectivamente (Tabla 11).

En relación a la anchura del cefalotórax y el largo del propodio del quelipodo izquierdo (quela) (LP_{izq}) el peso de Akaike fue de $W_i = 91.77$ % en machos y de 90.03 % en hembras y a favor del modelo de Línea Rota (Tabla 6). Para la relación morfométrica de la anchura del cefalotórax y el largo del propodio del quelipodo derecho (quela) (LP_{der}) en machos y hembras el modelo Lineal fueron los más altos valores del peso de Akaike.

Tabla 6.-Modelos seleccionados para las relaciones morfométricas en machos y hembras de *C. convexa*.

	MACHOS				HEMBRAS			
	AN-LP _{der}	AN-LP _{izq}	AN-AP _{der}	AN-AP _{izq}	AN- LP _{der}	AN- LP _{izq}	AN- AP _{der}	AN- AP _{izq}
AICc								
L	-586.1	-585.7	-573.7	-606.9	-618.5	-552.9	-627.0	-577.0
C	-584.4	-587.8	572.0	-607.7	-617.3	-552.1	-626.1	-574.9
CU	-583.4	-589.4	572.2	-605.8	-616.0	-556.0	-625.9	-573.2
LR	-582.0	595.3	572.3	-614.0	-614.4	-561.0	-622.8	-572.8
DS	-580.9	583.6	571.7	-603.7	-615.1	-548.0	-620.9	-579.0
Δ_i								
L	0.0	9.5	0.0	7.1	0.0	8.1	0.0	2.0
C	1.7	7.5	1.6	6.3	1.2	8.9	0.8	4.1
CU	2.8	5.8	1.4	8.3	2.6	5.0	1.1	5.8
LR	4.2	0.0	1.4	0.0	4.2	0.0	4.2	6.2
DS	5.2	11.7	2.0	10.4	3.5	13.0	6.0	0.0
Wi								
L	53.55	0.78	35.48	2.63	46.83	1.55	41.39	22.67
C	22.48	2.21	15.81	3.84	25.99	1.04	27.47	8.12
CU	13.42	4.98	17.36	1.46	13.03	7.24	23.93	3.51
LR	6.67	91.77	18.03	91.56	5.85	90.03	5.17	2.83
DS	3.88	0.27	13.32	0.51	8.31	0.14	2.04	62.87

Abreviaturas: AN, anchura del cefalotórax, LP_{der}, Largo del propodio del quelípodo derecho, LP_{izq}, Largo del propodio del quelípodo izquierdo, AP_{der}, Altura del propodio del quelípodo derecho, AP_{izq}, Altura del propodio del quelípodo izquierdo. AICc, Criterio de información de Akaike corregido, Δ_i , Diferencias en AICc, Wi, Peso de Akaike. Modelos: L, Lineal, Q, Cuadrático, C, Cúbico, LR, Línea Rota y DS, Dos Segmentos.

En la relación morfométrica de la anchura del cefalotórax y largo del propodio del quelípodo izquierdo (quela) (LP_{izq}) del cangrejo tanque, el mejor modelo en machos fue Línea Rota ($W_i = 91.56\%$) y en hembras el modelo Dos Segmentos con un peso de Akaike de 62.87% (W_i). La quela izquierda, resulto igual en machos y hembras para el modelo Línea Rota, con un ajuste del peso de Akaike ($W_i > 90\%$) (Fig. 11A y B).

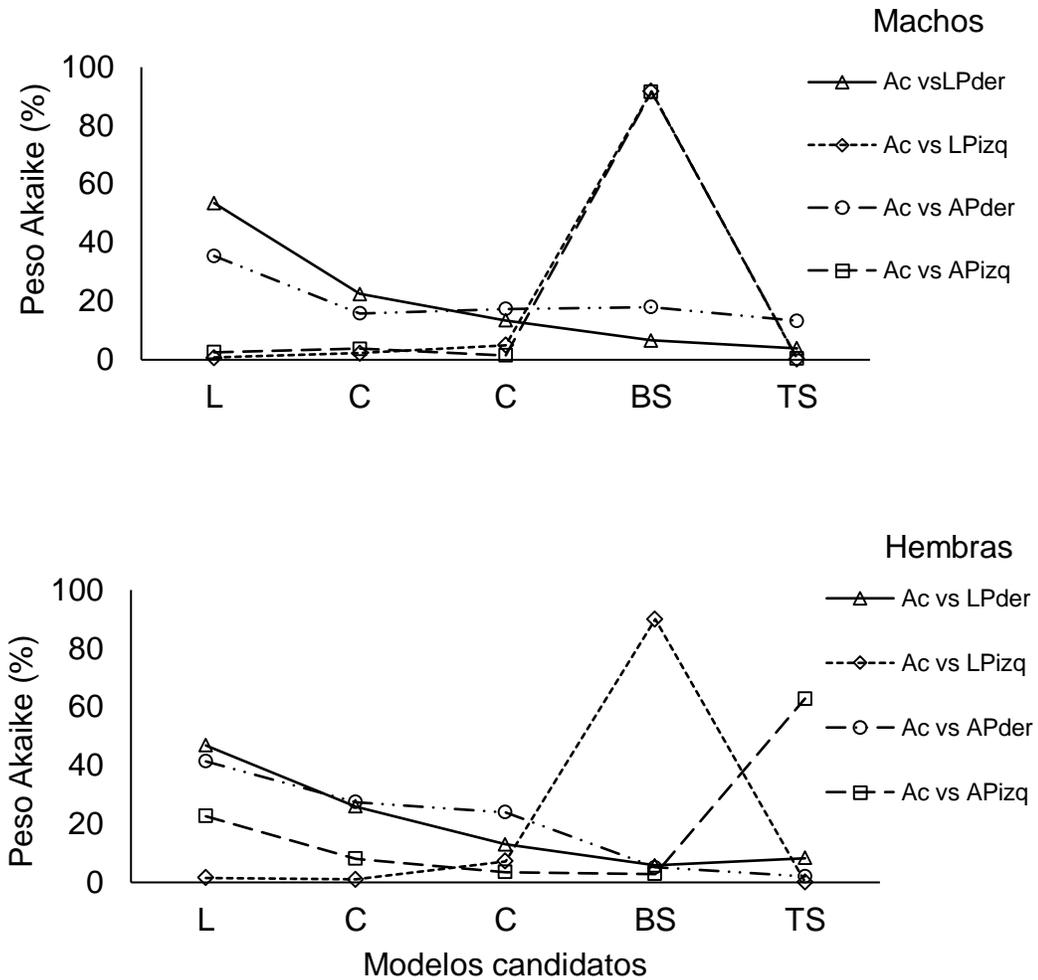


Figura 11. Valores del peso de Akaike (AIC) del Ancho del cefalotórax (AC) y largo del propodio de quelípedo derecho (LP_{der}), largo del propodio de quelípedo izquierdo (LP_{izq}), altura del propodio de quelípedo derecho (AP_{der}) y altura del propodio de quelípedo izquierdo (AP_{izq}) de *C. convexa* para los modelos candidatos: Lineal (L), Cuadrático (Q), Cúbico (C), línea rota (BS), dos segmentos (TS): Machos y Hembras.

Al relacionar la longitud cefalotorácica con el largo del propodio de quelipedo izquierdo (quela) (LP_{izq}) en *C. convexa*, el modelo Línea Rota presentó el mejor ajuste pero para los machos. En hembras el modelo de Dos Segmentos (aunque también podría ser considerado el modelo Línea Rota) fue el modelo ganador con solo el 67.87 % de peso de Akaike (Fig. 11B).

En la biología pesquera, la determinación del análisis del crecimiento de los organismos acuáticos y en su mayoría, se ha realizado mediante diversos modelos que han sido seleccionados a priori; recientemente, una alternativa que se ha extendido entre los analistas pesqueros es la de determinación del crecimiento mediante un conjunto de modelos candidatos, y por medio de la teoría de la información, seleccionar cual es el mejor modelo con el menor índice del criterio de información de Akaike (AIC), el cual es un método más robusto en el que se ha utilizado tradicionalmente (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2014).

La mayoría de los estudios sobre los crustáceos en crecimiento y en particular en las jaibas *Callinectes arcuatus* y *Callinectes bellicosus*, se han abordado con métodos seleccionados a priori y en su efecto con modelos tradicionales tales como el modelo de von Bertalanfy (Quijano-Fernández, 1985; Salgado-Mejía *et al.*, 1994; Gil-López y Sarmiento-Náfate, 2001; Salazar *et al.*, 2003; Fischer y Wolff, 2006; Hernández-Moreno y Arreola-Lizárraga, 2007 y Ramos-Cruz, 2008). Sin embargo, en las últimas décadas, se ha incrementado el número de estudios que utilizan la inferencia multi-modelo y de la teoría de la información para determinar el

crecimiento en las especies de crustáceos comerciales como *C. arcuatus* (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2014; Ortega-Lizárraga *et al.*, 2016 y Rivera-Velázquez *et al.*, 2018) y para *C. bellicosus* (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012).

Como se ha mencionado antes, en los crustáceos no existen estructuras duras permanentes que registren marcas indicadoras del crecimiento por lo que, la determinación de la edad ofrece serias dificultades, ya que, a diferencias de otros organismos hay una carencia en métodos para asignar directamente la edad mediante marcas de crecimiento en estructuras duras (Petriella y Boschi, 1997); por lo que, las estimaciones de crecimiento con base al análisis de tallas y seguimiento modal no están exentos de cierta incertidumbre (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2014).

8.3.2. Coeficiente de alometría (b)

La anchura del cefalotórax de *C. convexa* más pequeña correspondió a un macho (89.92 mm) y el más grande a una hembra (144.22 mm). En peso total, el rango en machos fue de 134.23 a 501.22 g, en hembras de 109.23 a 529.92 g. En la relación de la anchura del cefalotórax y largo del propodio de quelípodo derecho (AC-LP_{der}), el valor de “b” en el modelo lineal o en el modelo promedio, presentó una alometría positiva en ambos machos y hembras, pero el valor de “b” fue altamente en hembras (Fig. 12A, E).

En algunos de los quelípodos derecho (tenaza) del cangrejo tanque, pero al medirlos en altura (mm), por ejemplo en la relación morfométrica de anchura del cefalotórax y la altura del propodio del quelípodo derecho (AN-AP_{der}), el valor de “b” para el modelo lineal es isométrico, mientras el modelo promedio del valor “b” tiende a cambios continuos cuando incrementa su talla: el crecimiento empieza como alométrico positivo, convirtiéndose isométrico y posteriormente presentó un punto de inflexión cambiando a alométrico positivo para dicha relación morfométrica (AN-AP_{der}) mencionada (Fig. 12C).

Para hembras, el valor de b para el modelo lineal es isométrico, mientras en el modelo promedio tiende a cambios continuos con el incremento en tallas (Fig 12G). En la anchura del cefalotórax y la longitud del propodio de la quela izquierda (AN-LP_{izq}), indicó una clara línea de inflexión en la relación AC-LP_{izq}, para machos, y el valor de “b” presento una alometría negativa antes y después del punto de inflexión, mientras en hembras, el coeficiente de alometría fue positivamente alométrico antes del punto de inflexión e indicó una alometría negativa después del punto de inflexión (Fig. 12F).

En la relación morfométrica de la anchura del cefalotórax y la altura del propodio de la quela izquierda (AC y AP_{izq}), en machos indicaron un coeficiente de alometría negativa antes y después del punto de inflexión. La AC y AP_{izq} en hembras fue negativamente alométrico (b = 0.8) después del punto de inflexión y antes de este punto se convirtió en isométrico entre ambas variables (b = 1.0).

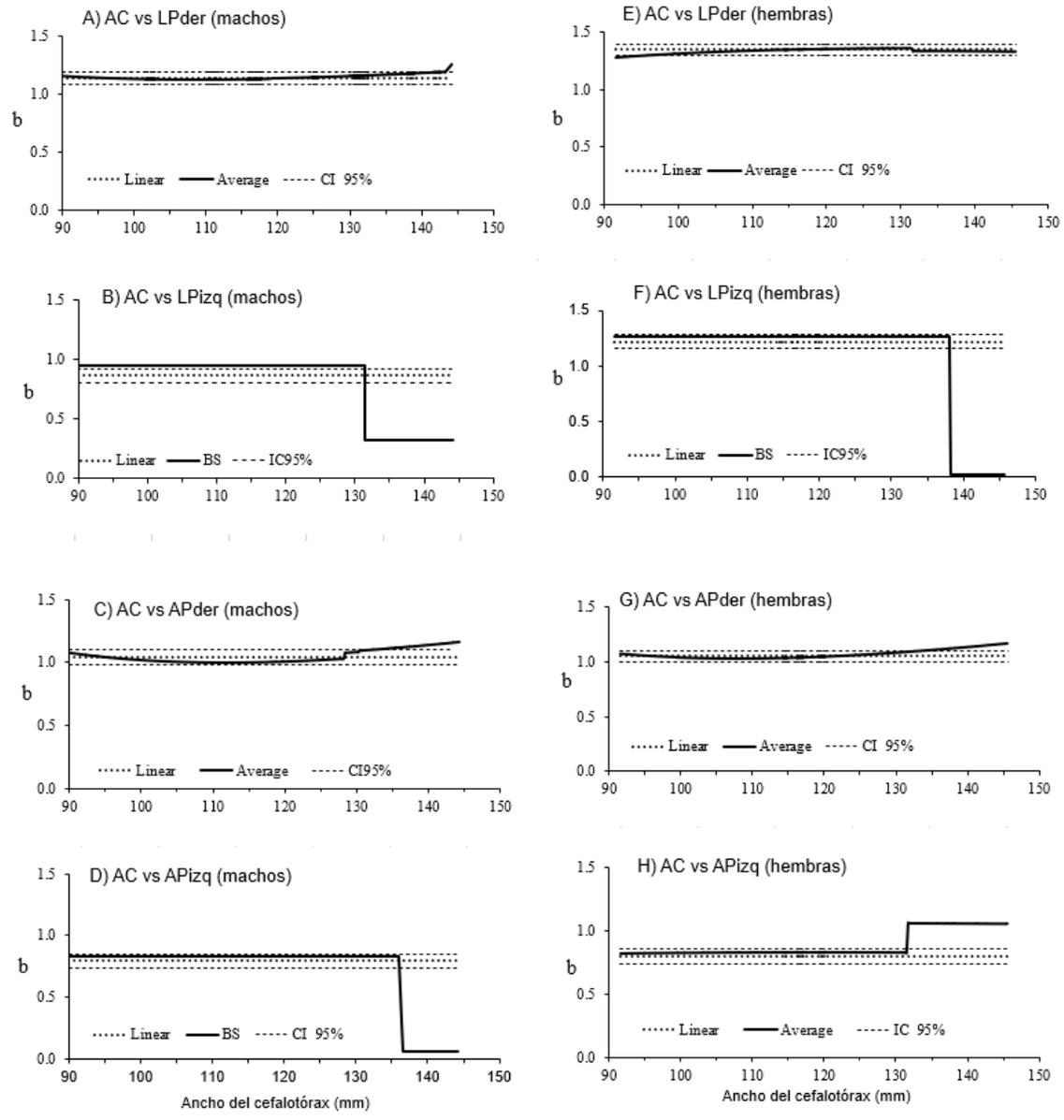


Figura 12.- Valores de coeficiente de alometría (b) para diferentes relaciones biométricas de *C. convexa*.

8.3.2.1. Relación morfométrica de longitud del cefalotórax y peso

En la relación longitud del cefalotórax y peso (LC-PT) en machos de *C. convexa* fue mejor representado por un cambio brusco en el coeficiente de alometría a una talla de 118 mm (AN). El modelo de Dos Segmentos fue seleccionado como el mejor con un peso de Akaike en $W_i = 44.46 \%$, y el modelo Cuadrático ocupó el segundo lugar con un peso de Akaike de $W_i = 34.18 \%$; juntos los dos modelos mencionados fueron de 78.64% . Como no se presentó un modelo ganador en machos ($W_i = 90 \%$), se generó un modelo promedio (Fig. 13A).

El promedio del coeficiente de alometría en machos presentó una línea de inflexión pero es necesario resaltar que el coeficiente de alometría fue negativamente alométrico a lo largo de las tallas del cangrejo tanque (Fig. 13B). El modelo lineal presentó un valor constante de $b = 2.3$ a lo largo de las tallas, pero su intervalo de confianza fue de 2.13 a 2.44 (Fig. 13B) y este modelo fue corroborado para los datos con un peso de Akaike de $W_i = 18.14 \%$.

Las hembras fueron mejor representadas por los modelos de dos fases. Dos Segmentos fue seleccionado como el mejor con un peso de Akaike de $W_i = 35.79 \%$, y el modelo Lineal fue el segundo mejor modelo con un peso de Akaike de $W_i = 30.38 \%$ (ambos modelos sumaron 76.17%). Una vez más, no se encontró un modelo realmente ganador en las hembras de *C. convexa* y por esta razón se obtuvo un modelo promedio (Fig. 13C).

En hembras del cangrejo tanque, el modelo Lineal presento una alometría negativa en la curva de crecimiento relativo. Un valor constante de $b = 2.84$ se obtuvo a lo largo de las tallas, con un intervalo de confianza de 2.71 a 2.96 (Fig. 13D), muy cercanamente al valor de isometría ($b = 3$). El coeficiente de alometría fue negativo a lo largo de las tallas de 91 a 131 mm (AC). Después del punto de intercepción a los 132 mm AC, el coeficiente fue de isometría para la talla de 132 mm AC ($b = 3.03$) en hembras del cangrejo tanque (Fig. 13D).

En algunos decápodos, se ha observado que el cefalotórax presenta cambios en la forma y talla durante la ontogenia (Diawol *et al.*, 2015). Estos cambios están relacionados con los estadios de desarrollo en estos crustáceos, en particular entre juveniles y adultos (Da Silva-Castiglioni *et al.*, 2011). Además, posiblemente también esté relacionado con el dimorfismo sexual en adultos, presentándose entre los sexos en el cefalotórax y en algunos de los apéndices, a pesar de que en algunos crustáceos puede variar forma del apéndice, pero no la talla (Da Silva-Castiglioni *et al.*, 2011; Zambrano y Aragón-Noriega, 2016).

En algunas especies de crustáceos, los apéndices pueden variar en forma, talla y peso, como se encontró aquí en *C. convexa*, donde dependiendo la relación morfométrica entre la anchura del cefalotórax y la longitud y anchura del propodito (artejos: coxapodito y dactilopodito) del primer par de pereiópodos (y pueden ser semejantes los pereiópodos derecho o izquierdos, pueden variar la interpretación de la relación morfométrica de acuerdo a la elección del mejor modelo.

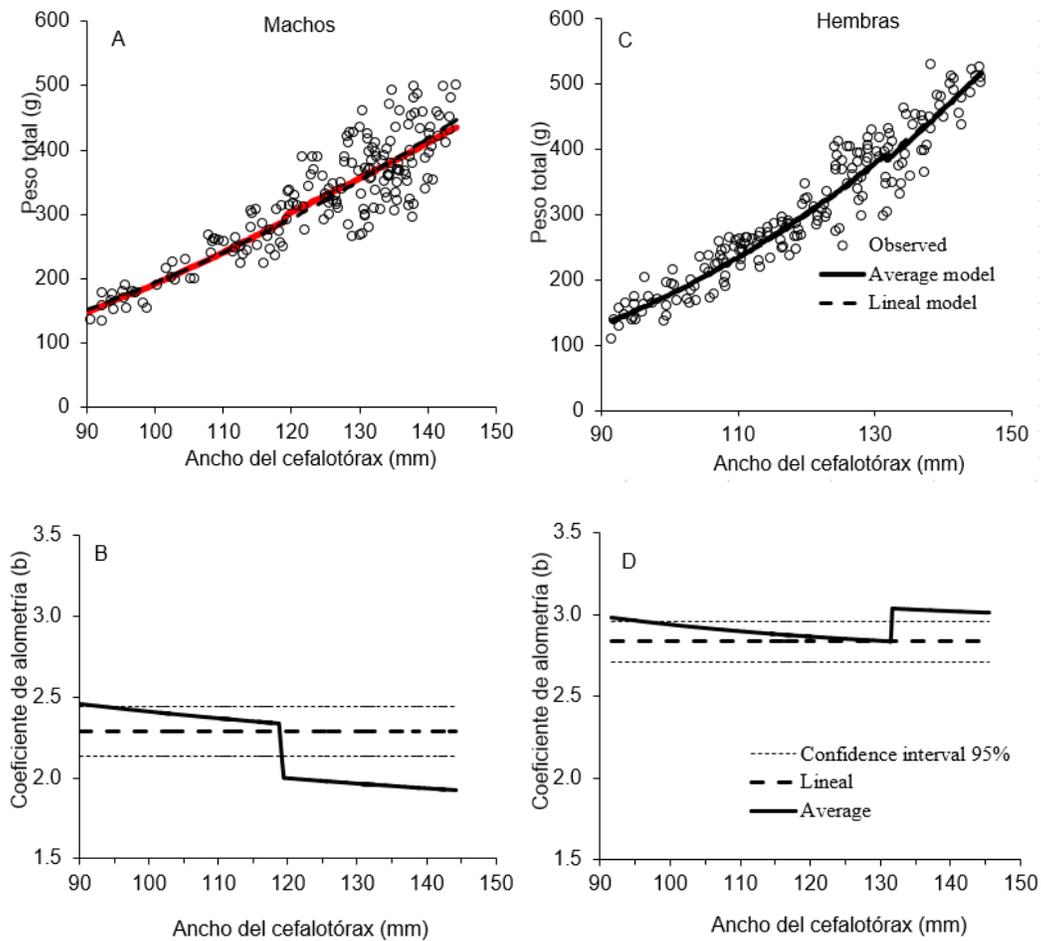


Figura 13.- Relaciones morfométricas entre la anchura del cefalotórax y el peso de *C. convexa*. A y C. promedio del modelo Lineal. A. machos, C. hembras. B y D. variación del coeficiente dealometría (b). B. machos. D. hembras.

En *C. convexa*, es posible que la quela izquierda (primer par de pereopodo) podría indicar dimorfismo sexual, porque el punto de intercepción se encontró entre la anchura del cefalotórax y longitud y peso del propodito (quelas) en machos y

hembras. Lo anterior coincidió con importantes aspectos biológicos como los estudios entre longitudes en crustáceos, donde hacen referencia a dos fases del desarrollo como son los organismos inmaduros y maduros (por ejemplo, los modelos de Línea Rota y Dos Segmentos) donde han sido reportados, porque en muchos braquiuros cuando han alcanzado la madurez (morfológicamente) registran el desarrollo de algún carácter sexual secundario (McLay, 2015).

Esto posiblemente sea el caso de la quela izquierda de *C. convexa*, sin embargo, en el presente estudio el punto de intercepción se encontró en las tallas estimadas a la talla de maduración, como lo señalaron Ayón-Parente y Hendrickx (2001), quienes reportaron 75 mm de LC en hembras y 72.8 mm (LC) en machos (es importante señalar, que con estos autores al parecer existe una diferencia en la interpretación de las tallas con este estudio), ya que en la relación morfométrica de LC y AN, los 72.8 mm LC es equivalente a 103 mm (AN), y los 75 mm (LC) equivale a 110 mm (AN).

Es importante recalcar que Ayón-Parente y Hendrickx (2001) su investigación fue realizada en aguas poco profundas a diferencia del presente que se realizó en una mayor profundidad. Lo que si coincidió fue la relación morfométrica entre anchura del cefalotórax y la longitud del propodito del pereopodo izquierdo o la anchura del cefalotórax contra longitud del propodito del pereopodo (Tabla 7, Fig. 12), donde se observa que el modelo de Línea Rota más alto fue en hembras de 138 mm AC que en machos con 130 mm de AN.

Desafortunadamente Ayón-Parente y Hendrickx (2001) solo reportaron en su estudio rasgos biológicos de *C. convexa*. Al igual que otros estudios que mencionan características morfológicas de crustáceos decápodos (Hendrickx, 1996) o hacen referencia a su distribución geográfica (Penagos-García *et al.*, 2010; Tirado-Ibarra *et al.*, 2020).

El análisis de la alometría permite identificar el grado de cambio en la forma de los quelípedos durante el desarrollo de la talla de los cangrejos tanque, entre los sexos. Estas diferencias en la estructura del cangrejo pueden estar relacionadas a cambios en la tasa de crecimiento a ciertas tallas que son distintas entre machos y hembras, tal vez se pueda diferenciar la maduración de las gónadas como en *Aegla longirostri* (Bond-Buckup y Buckup, 1994, citado en Ayres-Péres *et al.*, 2011), en músculo como en *Callinectes bellicosus* (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2018) o quizás por su jerarquización poblacional como ocurre en las langostas espinosas en su distribución (Arzola-González *et al.*, 2011). Además, en este estudio los machos de *C. convexa* dominaron mayormente en tallas y peso que las hembras.

Cuando existen diferencias entre machos y hembras es importante mencionar el crecimiento absoluto, también llamado crecimiento individual, en braquiuros se conoce como crecimiento determinado o indeterminado (McLay, 2015). El crecimiento determinado se refiere en crustáceos a “brincos” que ocurren con la formación o desarrollo de estructuras y crecimiento indeterminado es el crecimiento

que siempre esta ocurriendo “infinitamente”. *C. convexa* al parecer todo el tiempo esta creciendo hasta que muere.

La principal explicación de ambos procesos fisiológicos (crecimiento determinado e indeterminado) es la compensación entre la reproducción y el crecimiento, es decir, la energía destinada. En algunas especies el flujo de energía dedicada al crecimiento es desviada para actividades de reproducción, y otras especies la energía es utilizada simultáneamente en el crecimiento y la reproducción. Rodríguez-Domínguez *et al.* (2018) aportaron una importante información en *C. bellicosus* a base de investigaciones de multi-modelos.

Estos últimos autores encontraron en hembras de *C. bellicosus* estimaron un crecimiento determinado, mientras que en machos encontraron una variación en el crecimiento indeterminado. Para posteriores investigaciones de *C. convexa* es necesario estimar que tipo de crecimiento presenta ya sea determinado e indeterminado. La hipótesis es que esta especie presenta una muda terminal (estimando una media del crecimiento determinado), lo anterior de acuerdo a lo señalado por McLay (2015) y Rodríguez-Domínguez *et al.* (2018), siendo similar en el cangrejo tanque en hembras y no en machos, y según lo indicaron Rodríguez-Domínguez *et al.* (2018) así se presenta en *C. bellicosus*. Además, es común observar en hembras del cangrejo tanque mantener huevos en el abdomen (parte ventral), y por lo tanto, estas hembras son más grandes (tallas) en el abdomen que los machos (Hartnoll, 2015); por esta razón, es importante la hipótesis para nuevas

investigaciones diferenciales sobre el crecimiento determinado e indeterminado por sexo en *C. convexa*.

La aplicación de multi-modelos en investigaciones aun es escasa en estudios de relación morfológica de longitud-peso en crustáceos, sin embargo, dentro de estos pocos estudios resaltan la alometría en crustáceos (Hall *et al.*, 2006; Katsanevakis *et al.*, 2007; Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2018; Aragón-Noriega *et al.*, 2019; Ortega-Lizárraga *et al.*, 2021) y en particular sobre *C. convexa* (Arvizú-Merín *et al.*, 2021). La ventaja de utilizar en estudios multi-modelos en comparación con un simple modelo, es la oportunidad de elegir por jerarquización cual es el mejor modelo para interpretar un resultado.

Es decir, la utilización de varios modelos permite elegir un modelo “ganador” pero si no existiera un modelo “real ganador” ($W_i > 90 \%$; Burnham y Anderson, 2002) es posible utilizar la información de otros modelos, con la finalidad un modelo promedio representativo. En este estudio tres de ocho relaciones morfométricas de modelos fueron analizadas, obteniendo el mejor modelo y de las restantes relaciones morfométricas (cinco), fue necesario obtener un modelo promedio.

La alometría en la pesquería no existe un modelo ganador, el peso de Akaike fue distribuido siempre igualmente en los tres modelos: Lineal, Cúbico y Dos Segmentos). Estos tres modelos sumaron 88.13 % en hembras y 96.77 en machos. Mientras que no se obtuvo un modelo real y se estimó un modelo promedio en la

forma de la curva indicando un punto de intercepción de alometría (b) contra la anchura (AN) (Fig. 13). El punto de intercepción fue estimado a 118 mm AN en machos y de 132 mm AN en hembras (cercanamente a la línea alta de la correlación de AN-LC). Siendo estos valores mayores a lo estimado como talla de maduración por Ayón-Parente y Hendrickx (2001). Esta información es de suma importancia para la estimación posterior de la talla de madurez de *C. convexa* a diferentes profundidades.

Los cambios morfológicos de muchas especies ocurren por lo general durante la ontogenia y pueden ser atribuidos a aspectos relacionados con la reproducción (Alves *et al.*, 2005; McLay, 2015), concluyendo en este estudio que la quela del primer par de pereiópodos izquierda de *C. convexa* podría ser considerada para posteriores investigaciones en la relación morfológica de la talla de madures a diferentes profundidades. Esto debido a que este carácter (quela izquierda) no solo es importante como característica que cambia constantemente en longitud, sino que también se presenta en peso. Por esta razón, en estudios de alometría en la relación longitud-peso en crustáceos es importante describir la posible talla de madurez con la estimación del punto de intercepción.

Este es el primer estudio en investigaciones con multi-modelos para la relación morfométrica de la longitud-peso en *C. convexa* asociada a la pesquería de comercial de camarón en el sureste del Golfo de California. Es importante utilizar varios modelos para relacionar los datos de longitud-peso tanto en machos como

en hembras, en vez de un solo modelo, ya que no arrojaría información valiosa desde el punto de vista pesquero el utilizar un solo modelo en la relación longitud-peso. En cambio, la utilización de análisis multi-modelos para la relación morfométrica entre longitudes y entre longitudes y peso ha sido recomendado por otros autores para algunos crustáceos (Aragón-Noriega *et al.*, 2019), Leyva-Vázquez *et al.*, 2021 y Arvizú-Merín *et al.*, 2021) y no simplemente analizar estas variables a través de un solo modelo como en langostas espinosas (Arzola-González *et al.*, 2011).

OBJETIVO 4. ESTIMAR LA PROPORCIÓN SEXUAL POR INTERVALO DE TALLA, PESO Y POR TIEMPO.

8.4. Proporción sexual

Se analizaron 359 organismos, de los cuales 179 (49%) fueron machos y 180 (51%) hembras. La proporción sexual de machos y hembras (M:H) de *C. convexa*, presentó una variación mensual de 0.39 (1:1.51) a 0.51 (1:0.96) (Tabla 8, Fig. 14A). La proporcionalidad en octubre resultó estadísticamente significativo por las hembras (1:1.51, $X^2 < 0.05$), mientras que para el resto de los meses de captura, se mantuvo la proporción sexual del cangrejo Tanque en un valor teórico de 1:1.

La proporción sexual por intervalo de tallas para la anchura del cefalotórax (AC) en mm, fluctuó de 0.16 a una talla de 150 mm (intervalo 10) a 0.67 para una talla de 137 mm de AC (intervalo 8, Fig. 14B). Al igual que la proporción sexual por tiempo (meses), la proporcionalidad sexual se persistió en la mayoría de los intervalos de tallas, a excepción de los intervalos tres (101.94 y 107.94; 1:2.57, $X^2 < 0.05$) y ocho (131.99 y 137.9; 1:0.47, $X^2 < 0.05$).

Es importante resaltar que el intervalo cuatro (107.95 – 113.95 mm; 1:1.92) el resultado de *p*-valor (0.0516) sugiere que no existe diferencias estadísticas entre la proporción de machos y hembras, debe de considerarse con precaución esta proporción sexual (Tabla 7). Se observó una ligera tendencia ascendente en la proporción a partir de los 107 mm (AN) a favor de los machos, reflejando su dominio en las capturas del cangrejo Tanque a tallas consideradas de medianas a grandes

(Fig. 14), hasta considerar el punto más alto en el intervalo de tallas ocho (131.99 – 137.99) con una proporción sexual de 1:0.47 (M:H).

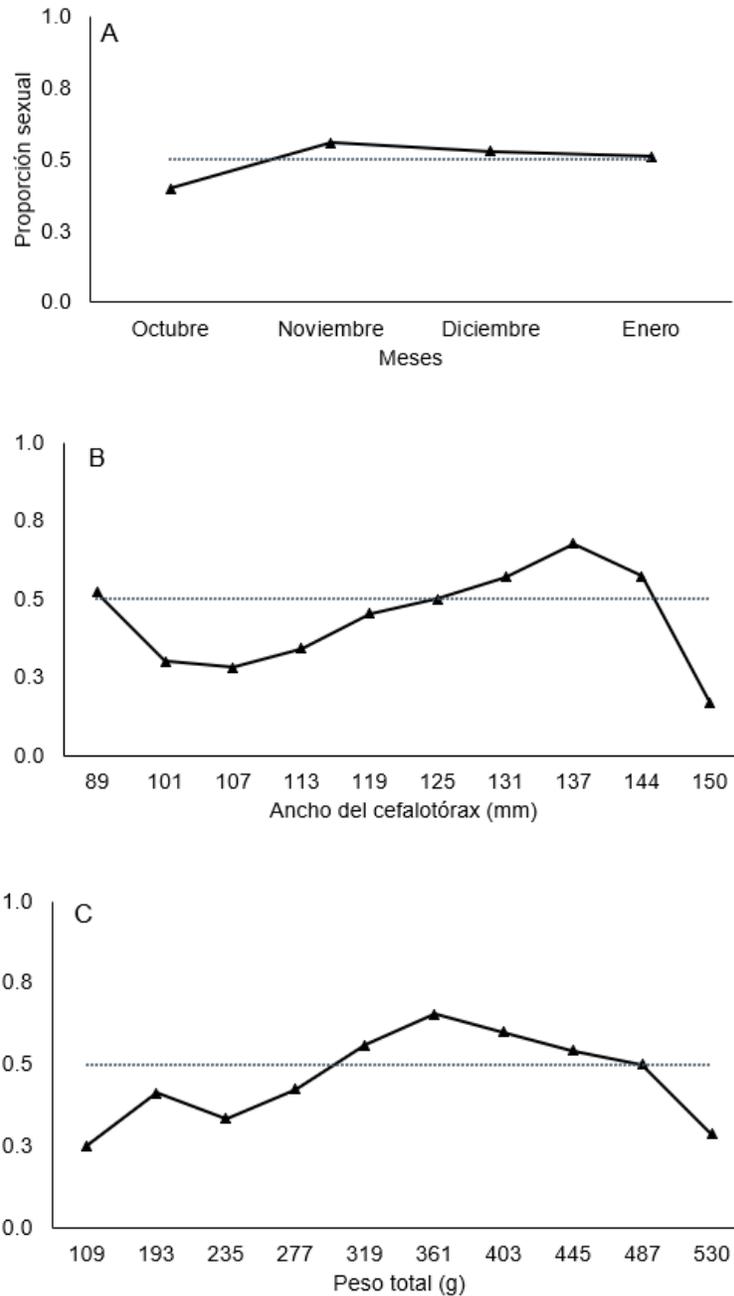


Figura 14. Variación de la proporción sexual (M:H). A, proporción por tiempo (meses); B por intervalo de tallas (AC) y C, por peso de *C. convexa*.

Tabla 7. Estadísticos, p-valores y proporciones sexuales por mes de muestro y zona de captura.

Mes	Machos	Hembras	n	%	M:H	χ^2	p-valor
Octubre	41	62	103	28.7	1.1.51	4.282	0.039
Noviembre	67	53	120	33.4	1:0.79	1.633	0.201
Diciembre	45	40	85	23.7	1:0.88	0.294	0.588
Enero	26	25	51	14.2	1:0.96	0.200	0.889
Total	179	180	359	100	1:1	0.003	0.958
Zona							
Norte	57	63	120	33.43	1:1.05	0.300	0.584
Centro	62	54	116	32.31	1:0.87	0.551	0.458
Sur	60	63	123	34.26	1:1.05	0.073	0.787
Total	179	180	359	100	1:1	0.003	0.958

Por zona de captura de *C. convexa* (norte, centro y sur), la proporción sexual no presentó diferencias estadísticas ($\chi^2 > 0.05$) (Tabla 9), además, estos resultados coincidieron con las prueba estadística del Análisis de Varianza de una vía, donde se obtuvo que no hay suficiente evidencia para determinar diferencias entre las tres zonas de captura de acuerdo a las variables morfométricas analizadas del cangrejo Tanque en este estudio.

Al analizar la proporción sexual por peso total (g) en *C. convexa* (Fig. 14C), se estimó en general un intervalo de 109.23 a 530 g, con una notable tendencia ascendente de 235 g en machos hasta el intervalo de 319.28 a 361.28 g (intervalo 6) en el cual alcanzaron su máximo valor de peso. Independientemente, de esta tendencia ascendente, en machos, solo este intervalo seis presentaron diferencias

estadísticas en la proporción de machos y hembras del cangrejo Tanque (1:0.53, $\chi^2 < 0.05$) (Tabla 8).

Tabla 8. Estadísticos, p-valores y proporciones sexuales por intervalo de tallas (mm) y de peso (g).

No.	Intervalos (mm)	Machos	Hembras	n	%	M:H	χ^2	p-valor
1	109.23-151.23	3	9	12	3.34	1:3	3.0	0.083
2	151.24-193.24	14	20	34	9.47	1:1.42	1.059	0.303
3	193.25-235.25	9	18	27	7.52	1:2	3.00	0.083
4	235.26-277.26	25	34	59	16.43	1:1.36	1.373	0.241
5	277.27-319.27	28	22	50	13.93	1:0.78	0.720	0.396
6	319.28-361.28	32	17	49	13.65	1:0.53	4.592	0.032
7	361.29-403.29	33	22	55	15.32	1:0.66	2.20	0.138
8	403.3-445.3	19	16	35	9.75	1:0.84	0.257	0.612
9	445.31-487.31	12	12	24	6.69	1:1	0.0	1.0
10	487.32-530.0	4	10	14	3.9	1:2.5	2.571	0.109
Total		179	180	359	100	1:1	0.003	0.958

No.	Intervalos (mm)	Machos	Hembras	n	%	M:H	χ^2	p-valor
1	89.82-95.92	12	11	23	6.41	1:0.91	0.043	0.835
2	95.93-101.93	6	14	20	5.57	1:2.33	3.2	0.074
3	101.94-107.94	7	18	25	6.96	1:2.57	4.84	0.0278
4	107.95-113.95	13	25	38	10.58	1:1.92	3.789	0.0516
5	113.96-119.96	20	24	44	12.26	1:1.20	0.364	0.546
6	119.97-125.97	19	19	38	10.58	1:1	0	1.0
7	125.98-131.98	37	28	65	18.11	1:0.75	1.246	0.264
8	131.99-137.99	44	21	65	18.11	1:0.47	8.138	0.0043
9	138.0-144.0	20	15	35	9.75	1:0.75	0.714	0.398
10	144.01-150.01	1	5	6	1.67	1:5	2.667	0.102
Total		179	180	359	100	1:1	0.003	0.958

Alió *et al.* (2005) registraron un marcado sesgo en la proporción sexual hacia los machos para tres especies de cangrejos calápido (*C. sulcata*, *C. flammea* y *C. nítida*) desde valores a los 0.58 (1.42:1, $\chi^2 < 0.05$) hasta 0.73 (2.81:1, $\chi^2 < 0.05$); estos mismos autores destacaron la importancia de la profundidad en la distribución

de estas especies, especialmente para *C. sulcata* quien presentó una distribución más amplia desde unos pocos metros hasta los 126 metros de profundidad, asimismo, señalaron que al no encontrar hembras ovígeras en las capturas, indicaron que posiblemente estas especies no se reproducen en la zona de operación de la flota de arrastre del camarón Venezolano restringida a los primeros 130 m de profundidad.

En este sentido, Bellwood (1998) sugiere que estos cangrejos están estrechamente asociados a los estratos batimétricos más profundos y que su distribución es amplia en los primeros 400 m de profundidad, por lo que la casi ausencia de hembras grávidas (n = 1) en este estudio, coincidió con lo planteado por Alió *et al.* (2005) sobre la posibilidad de que estas especies de braquiuros realicen migraciones reproductivas hacia aguas más profundas.

OBJETIVO 5. Estimar la talla media de madurez sexual (hembras) por zona de captura.

Talla de primera madurez sexual

Se recolectaron en total 359 organismos del cangrejo Tanque como fauna de acompañamiento de camarón, de los cuales resultaron 180 hembras (50.1 %), aparentemente la captura de hembras ovígeras podría considerarse baja en comparación con otros crustáceos decápodos, sin embargo, la falta de hembras ovígeras en las capturas indica que la posibilidad de estos cangrejos calápidos se puedan reproducir más allá de la profundidad a que normalmente trabaja la flora camaronera del sur de Sinaloa.

La talla media de la madurez fisiológica ($LC_{50\%}$) estimada para el cangrejo Tanque por zona de captura se ubicó entre 78 y 79 mm de LC, registrándose la mayor talla en *C. convexa* en la zona norte con una $LC_{50\%}$ de 79.2 mm (LC), mientras que las otras zonas de captura, su tallas de primera madurez fue en $LC_{50\%}$ de 78.1 y 78.7 mm (LC) (Fig. 15).

La talla de primera madurez en hembras del cangrejo Tanque ($LC_{50\%}$ de 78 y 79 mm de LC) se ubicó ligeramente por debajo de la talla promedio de LC en 82.62 mm, lo que significa que la captura incidental de hembras de *C. convexa* en la pesquería industrial de camarón, no afecta a las hembras al menos en su primera fase de maduración ya que en promedio estas son capturadas una vez que ya han desovado por primera ocasión. Además, las tallas de LC de estos organismos de *C.*

convexa, están acorde a las condiciones de captura (redes de arrastre) del camarón por la industria camaronera, lo que permite que en promedio las hembras del cangrejo Tanque probablemente iniciaron ya con su primera fase de reproducción.

En general, la talla promedio de primera madurez sexual del cangrejo Tanque fue $LC_{50\%}$ de 78.66 mm, estas estimaciones tanto por zona de captura como el promedio general de la longitud cefalotorácica se ubicaron por encima de los valores registrados por Ayón-Parente y Hendrickx (2001), quienes en su estudio reportaron una $LC_{50\%}$ de 75 mm. Mientras que McLay y Becker (2015) en cangrejos Tanque estimaron una talla media de madurez de $LC_{50\%}$ de 71 y 75 mm. Ambos estudios de Ayón-Parente y Hendrickx (2001) y McLay y Becker (2015) reportaron en calápidos valores de talla de primera madurez sexual ($LC_{50\%}$) ligeramente por debajo del presente estudio.

En especies de crustáceos decápodos como cangrejos braquiuros, algunos autores como Sant y Pezzuto (2011), quienes analizaron la talla de primera madurez en hembras a través del modelo logístico en *Chaceon notialis*, reportando tallas mínimas de madurez de 69 y 97 mm de anchura de cefalotórax. Mientras, que Becerra *et al.* (2013) determinaron la talla mínima de madurez en el braquiuro *Sesarma rectum*, en 22.97 mm de anchura de cefalotórax para zona de manglar impactado en Brasil.

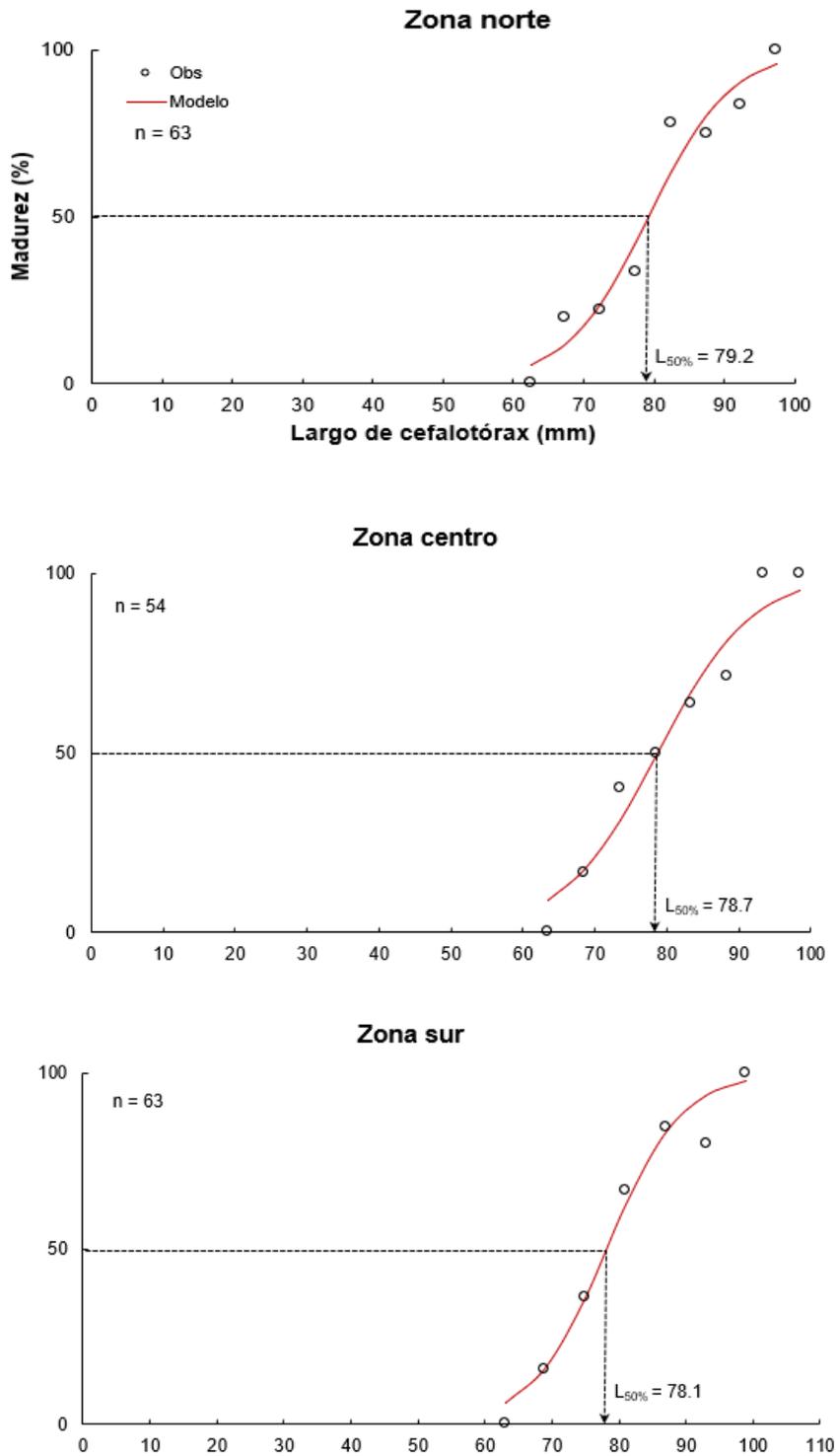


Figura 15.- Talla media de madurez sexual en hembras de *C. convexa* por zona de captura ($LC_{50\%}$).

En machos de cangrejos también se ha estimado la talla mínima de madurez sexual, por ejemplo Flores y Paula (2002) en grápsidos *Perisesarma guttaum*, quienes determinaron tallas iniciales reproductivas entre 9.3 y 9.4 mm de anchura del cefalotórax. De igual forma, Guerrero y Arana (2009) estimaron en machos de *Chaceon chilensis*, una talla de madurez sexual de 125 mm de anchura del cefalotórax.

En crustáceos decápodos con un mayor interés económico o comercial, Severino-Rodrigues *et al.*, (2013) registraron en *Callinectes sapidus* una talla mínima de madurez sexual en 103.3 mm de anchura del cefalotórax en las costas de Brasil. Sin embargo, estos autores señalaron que su actividad reproductiva para esta especie (*C. sapidus*) re presentan normalmente a mayores tallas que la que ellos registraron para esta zona costera.

Por lo anterior, es importante seguir analizando por cada sexo en *C. convexa* la talla promedio de madurez sexual, ya que representa un especial interés porque está relacionada con la estrategia reproductiva de la población y con el conocimiento de su ciclo de vida, además de que es útil para determinar la tallas de captura, ya que la población puede ser llevada a la cancelación de la posibilidad de encontrar reproductores en otro momento si los organismos son recolectados en tallas menores a los recomendados.

Lo anterior, debido a que podrían resultar diferentes las tallas de madurez sexual para machos y hembras como lo han señalado en *M. forceps* (Hernández-Reyes *et al.*, 2001) y en *G. grapsus* por Freire *et al.*, (2010), quienes indicaron que este desfase podría ser explicado considerando los siguientes aspectos: a) la necesidad de que el macho fuese de mayor tamaño que la hembra para asirla durante la cópula (Wenner *et al.*, 1974); b) diferentes tasas de crecimiento entre los sexos; y c) que las hembras detengan su crecimiento luego de la muda de pubertad, tal como ha sido señalado por Skinner (1985).

9.- CONCLUSIONES

- ✓ La proporción de machos (49 %) y hembras (51 %) en *C. convexa* fue muy similar en las capturas. Asimismo, por zona de pesca, ya que los porcentajes también fueron porcentajes similares, norte (33.43 %), centro (32.31 %) y sur (34.26 %). Por lo que su pesca, no es aún afectada de acuerdo a su preferencia sexual ni zona de captura del cangrejo tanque por los pescadores de la región.

- ✓ El organismo más pequeño en anchura del cefalotórax fue macho (89.92 mm) y el más ancho correspondió a una hembra (144.22 mm) de *C. convexa*. La variación en peso, fue de 134.23 a 501.22 g (machos) y de 109.23 a 529.92 g (hembras) para el cangrejo tanque.

- ✓ Se encontraron diferencias estadísticas entre las tallas de anchura del cefalotórax (AN) por sexos de *C. convexa* (p. *t*-Student, $t = 3.33$, $p < 0.05$). Asimismo, en peso también se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras (p. *U* de Mann-Whitney, $U = 14012$, $p < 0.05$). Sin embargo, en la longitud cefalotorácica (LC) no resultaron con diferencias estadísticas (p. *U* de Mann-Whitney, $U = 15088$, $p < 0.05$) entre los sexos del cangrejo tanque.

- ✓ Por zonas de captura, las tallas de la anchura del cefalotórax (AN), la longitud cefalotorácica (LC) y el peso (PT) de *C. convexa*, no presentaron diferencias estadísticas (ANAVA de una vía, $p < 0.05$).
- ✓ El mejor modelo para describir el crecimiento relativo de *C. convexa* varió de acuerdo con la relación morfométrica en machos y hembras.
- ✓ Este es el primer estudio en investigaciones con multi-modelos para la relación morfométrica de la longitud-peso en *C. convexa* asociada a la pesquería de comercial de camarón en el sureste del Golfo de California.
- ✓ La utilización de varios modelos (análisis multi-modelos) para el análisis de la relación morfométrica entre longitudes y entre estas y el peso en *C. convexa*, permite definir de mejor manera puntos de inflexión entre los sexos.
- ✓ Se analizaron 359 organismos, de los cuales 179 (49%) fueron machos y 180 (51%) hembras. La proporción sexual de machos y hembras (M:H) de *C. convexa* fue de (1:1) y presentó una variación mensual de 0.39 (1:1.51) a 0.51 (1:0.96).
- ✓ La talla media de la madurez fisiológica estimada para el cangrejo Tanque por zona de captura se ubicó entre LC_{50%} de 78 y 79 mm de LC, registrándose la mayor talla en *C. convexa* en la zona norte con LC_{50%} de 79.2 mm (LC),

mientras que las otras zonas de captura, su tallas de primera madurez fue $LC_{50\%}$ de 78.1 y 78.7 mm (LC).

- ✓ La talla de primera madurez en hembras del cangrejo Tanque ($LC_{50\%}$ de 78 y 79 mm de LC) se ubicó ligeramente por debajo de la talla promedio de LC en 82.62 mm.
- ✓ La población del cangrejo Tanque aún no ha sido afectada en sus capturas en las costas de Sinaloa, México. Se llega a esta conclusión en base a su estructura de tallas por sexo, zona de pesca, así como a la estimación promedio de la primera talla de madurez sexual en las capturas incidental del *Calappa convexa* por la pesquería comercial de arrastre del camarón *Penaeus*.

10.- BIBLIOGRAFÍA

Alió, J.J., Marcano, L.A., Altuve, D.E. (2005). Pesquería y parámetros biométricos de los cangrejos del género *Calappa* (Brachyura: Calappidae) en el oriente de Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 53 (3-4): 463-474.

Álvarez, F., Villalobos, J.L., Hendrickx, M.E, Escobar-Briones, E., Rodríguez-Almaraz, G., Campos, E. (2014). Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 208-219.

Akaike H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. *In: Petrov, B.N.; Casaki, F. (Eds.). 2nd. International Symposium on Information Theory: 268281. (Akademiai Kiado, Budapest).*

Alves, E.S., Rodrigues, S.A., Pezzuto, P.R. (2005). Estudio do crescimento relativo de *Austinixa patagoniensis* (Decapoda: Pinnotheridae) simbiote de *Callinectes major* (Decapoda, Callinassidae) no mesolitoral da praia de Balneário Camboriú, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(3): 784-792.

Amezcuca, F., Madrid-Vera, J., Aguirre-Villaseñor, H. (2006). Effect of the artisanal shrimp fishery on the ichthyofauna in the coastal lagoon of Santa Maria la Reforma, south eastern Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 32. 1B: 111-119.

Aragón-Noriega, E.A., Arcántara-Razó, E., Padilla-Serrato J.G., Rodríguez-Domínguez, G., Castillo-Vargasmachuca, S.G. (2019). Morphological notes on *Pinnaxodes gigas* (Brachyura, Pinnotheridae) emphasizing on length-weight relationship under multi-model approach. *Crustaceana*, 92(9): 1081-1097.

Arvizú-Merín, C.A., Arzola-González, J.F., Felix-Ortiz, J.A., Rodríguez-Domínguez, G., Marín-Enriquez, E., Aragón-Noriega, E.A. (2021). Allometry of the Box Crab

Calappa convexa (Brachyura: Calappidae) in the southeastern Gulf of California. *Crustaceana*, 94(11-12): 1407-1427.

Arzola-González, J.F., Pérez-González, R., Muñoz-García, I., Gutiérrez-Rubio, Y., Flores-Campaña, L.M. (2011). Distribución de tallas de langostas espinosas *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* en la pesquería del sur de Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 7(1): 10-20.

Ayón-Parente M. (1997). Crustáceos decápodos asociados a la captura de langosta *Panulirus* spp. (White, 1847) en sur de Sinaloa, México. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Autónoma Sinaloa. Facultad Ciencias del Mar. 92p.

Ayón-Parente, M., Hendrickx, M.E. (2001). Biology and fishery of the arched box crab *Calappa convexa* de Saussure (Crustacea, Brachyura, Calappidae) in the Southeastern Gulf of California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 27(4): 521-541.

Ayres-Peres, L., Araujo, P.B., Santos, S. (2011). Description of the agonistic behaviour of *Aegla longirostri* (Decapoda: Aeglididae). *Journal of Crustacean Biology*, 31(3): 379-388.

Becerra, RF; Matthews, ME; Arrunda, BL. (2013). Morphometric sexual maturity and allometric growth of the grab *Sesarma rectum* (Crustacea: Sesarmidae) in an impacted tropical mangrove in northeast Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(2): 361-368.

Bellwood, O. (2002). The occurrence, mechanics and significance of burying behaviour in crabs (Crustacea: Brachyura). *Journal of Natural History*, 36(10): 1223-1238.

Brock, R.E., Smith, L.D. (1998). Recovery of claw size and function following autotomy in *Cancer productus* (Decapoda: Brachyura). *The Biological Bulletin*, 194(1): 53-62.

Brusca, R. (1980). *Common intertidal invertebrates of the Gulf California*. Second edition. The University of Arizona Press. 511p.

Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2002). Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Second edition, Springer, New York, USA. 488p.

Carbajal, P., Santamaría, J. (2017). *Guía ilustrada para reconocimiento de especies de cangrejos braquiuros y anomuros con valor comercial en Perú*. Lima. Primera edición. Instituto del Mar de Perú. 19p.

Da Silva-Castiglioni, D. J., De Lima-Da Silva, V. C., Dos Santos-Azevedo, D. (2011). Relative growth and its use to determine the morphological sexual maturity of *Ucides cordatus* (Decapoda; Brachyura, Ucididae) from two mangrove áreas on the northeastern Brazilian coast. *Crustaceana*, 84(10): 1221-1241.

Diario Oficial de la Federación de México (2018). Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Ciudad de México, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA): 11 de junio. 2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525712&fecha=11/06/2018&print=true.

Diarte-Plata, G., Escamilla-Montes, R., Ruiz-Verdugo, C., Luna-González, A., De la Cruz-Agüero, G., Granados-Alcántar, S., Vázquez-López, H., Fierro-Coronado, JA.

(2018). The Growth *Callinectes arcuatus* in the lagoon El Colorado, Ahome, Sinaloa, Mexico. *Latin American Journal Aquatic Research*, 46(5): 1041-1054.

Diawol, P.P., Giri, F., Collins, P.A. (2015). Shape and size variations of *Aegia uruguayana* (Anomura: Aeglididae) under laboratory conditions: a geometric morphometric approach to the growth. *Iheringia (Zoología)*, 105(1): 76-83.

Duermit, E., Kingsley-Smith, P.R., Wilber, D.H. (2015). The Consequences of claw removal on stone crabs *Menippe* spp. and the ecological and fishery implications. *North American Journal of Fisheries Management*, 35(5): 895-905.

Duermit, E., Shervette, V., Whitaker, J.D., Kingsley-Smith, P.R., Wilber, D. (2017). A field assessment of claw removal impacts on the movement and survival of stone crabs *Menippe* spp. *Fisheries Research*, 193: 43-50.

Dulčić, J., Tutman, P. (2012). Northernmost record of the shamefaced crab *Calappa granulata* (Linnaeus, 1767) (Brachyura, Calappidae) in the Mediterranean area. *Crustaceana*, 85(4-5): 601-606.

Dyer, C.R.A. (2015). Crecimiento alométrico del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en el Golfo de Guayaquil, basado en la teoría de la información. *Tesis de Licenciatura*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales, 71p.

Ehrhardt, N.M., Restrepo, V.R. (1989). The Florida Stone crab fishery: a reusable resource? *Marine invertebrate fisheries: their assessment and management*, pp. 225.

Escamilla-Montes, R., De la Cruz-Agüero, G., Villalejo-Fuerte, MT., Diarte-Plata, G. (2013). Fertility of *Callinectes arcuatus* and *C. bellicosus* (Brachyura: Decapoda:

Portunidae) in Ensenada La Paz, Gulf of California, México. *Universidad y Ciencia*, 29(1): 53-61.

Ewers-Saucedo, C., Hayer, S., Brandis, D. (2015). Functional morphology of the copulatory system of box crabs with long second gonopods (Calappidae, Eubrachyura, Decapoda, Crustacea). *Journal of Morphology*, 276(1):77-89.

Felder, D.L., Álvarez, F., Goy, J.W., Lemaitre, R. (2009). Decapoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico, with comments on the Amphionidacea. pp.1019-1104. *In*: Felder, D. L.; Camp, DK (eds). Gulf of Mexico. Origins, Waters, and Biota. Biodiversity. Texas A&M University Press, College Station, Texas.

Flores, AAN; Paula, J. (2002). Sexual maturity, larval release and reproductive output of two brachyuran crabs from a rocky intertidal área in central Portugal. *Invertebrate Reproduction and Development*, 41: 21-34.

Freire, AS; Pinheiro, AA; Karam-Silva, H; Teschima, MM. (2010). Biology of *Grapsus grapsus* (Linneaus, 1758) (Decapoda: Brachyura) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial, Atlantic Ocean. *Helgoland Marine Research*, DOI 10.1007/510152-010-0220-5.

Garth, J.S. (1966). Eastern Pacific expeditions of the New York Zoological Society. XLVI. Oxystomatous and allied crabs from the west coast of tropical America. *Zoologica*, 1-16.

Guerrero, P; Arana, P. (2009). Size structure and sexual maturity of the golden (*Chaceon chilensis*) exploited off Robinson Crusoe Island, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37: 347-360.

Gutiérrez-Rubio, Y., Arzola-González, J.F., Pérez-González, R., Rodríguez-Domínguez, G., Salgado-Barragán, J., Ramírez-Pérez, J.S., González-Castillo, A. (2021). Reproductive aspects of *Grapsus grapsus* (Decapoda: Grapsidae) on islands of the southeastern Gulf of California. *Journal MVZ Córdoba*, 26(1): e1953.

Haddadi, M.L., Hemida, F. (2019). Growth and assessment parameters of *Calappa granulata* (Crustacea; Decapoda; Brachyura) in the eastern Algerian coast (Southern Mediterranean Sea). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Science de la vie*, 41: 1-5.

Hall, N.G., Smith, K.D., De Lestang, S., Potter, I.C. (2006). Does the largest chela of males of three crab species undergo an allometric change that can be used to determine morphometric maturity?. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 140-150.

Hartnoll, R.G. (2015). Postlarval life histories of Brachyura. pp.375-416. *In*: Castro, P., Davie, P., Guinot, D., Schram, F.R., Von Vaupel Klein (Eds.). Decapoda: Brachyura. Treatise on zoology, anatomy, taxonomy, biology. Leiden, Netherlands.

Hendrickx, M.E. (1995). Cangrejos. pp. 565-636. *En*: Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E.; Niem, V.H. (eds). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen I. Plantas e invertebrados. Roma, FAO.

Hendrickx, M.E. (1996). Habitats and biodiversity of decapod crustaceans in the SE Gulf of California, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 44(2A): 603-617.

Hendrickx, M, Brusca, R, Findley, L.T. (2005). *Listado y distribución de la macrofauna del Golfo de California, México*. Parte I. Invertebrados. Arizona-Sonora Desert Museum. 429p.

Hernández-Reyes, IM; Palazón-Fernández, JL; Bolaños-Curvelo, JA; Hernández, JE. (2001). Aspectos reproductivos de *Mithrax fórceps* (Crustacea: Decapoda: Majidae). *Ciencias Marinas*, 27(1): 21-34pp.

Hogan, J.M., Griffen, B.D. (2014). The dietary and reproductive consequences of fishery-related claw removal for the stone crab *Menippe* spp. *Journal of Shellfish Research*, 33(3) 795-804.

Hughes, R.N., Elnor, R.W. (1989). Foraging behaviour of a tropical crab: *Calappa ocellata* Holthuis feeding upon the mussel *Brachidontes domingensis* (Lamarck). *Journal of experimental marine biology and ecology*, 133(1-2): 93-101.

Juanes, F., Smith, L.D. (1995). The ecological consequences of limb damage and loss in decapod crustaceans: a review and prospectus. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 193(1-2) 197-223.

Katsanevakis, S., Thessalou-Legaki, M., Karlou-Riga, C. E., Lefkaditou, E., Dimitriou, E., Verriopoulos, G. (2007). Information-theory approach to allometric growth of marine organisms. *Marine Biology*, 151(3): 949-959.

Katsanevakis, S., Maravelias, D. (2008). Modelling fish growth: multil-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, 9: 178-187.

Kelleher, K. (2008). *Descartes en la pesca de captura marina mundial*. FAO Documento Técnico de Pesca. Vol. 470. Roma, Italia. 147p.

Leyva-Vázquez, Y., Arzola-González, J.F., Rodríguez-Domínguez, G., Aragón-Noriega, E.A., Ortega-Lizárraga, G.G., Muñoz-Rubí, H., Ramírez-Pérez, J.S., Chávez-Herrera, D. (2021). Biometría y longitud de migración de *Penaeus stylirostris* (Decapoda: Penaeidae) en tres zonas de captura en la costa de Sinaloa, México. *Revista Científica de la FCV-LUZ*, 31(1): 17-24.

Lim-Cisneros, M.A., Chavira-Oropeza, M.A. (1995). Crustáceos decápodos asociados a la pesca de la langosta en el sur de Sinaloa. *Tesis Profesional*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Mazatlán.

Madrid-Vera, J.M. (1998). Aspectos de ecología, las pesquerías y la biogeografía de los peces costeros de Michoacán y Colima, México. *Tesis Doctoral*. Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, España. 247p.

Madrid-Vera, J., Amezcua, F., Morales-Bojórquez, E. (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.

Mantel, L.H. (1983). *The Biology of Crustacea*. Vol. 5. Academic Press, Nueva York, EEUU.

McLay, C.L. (2015). Moulting and growth in Brachyura. pp.245-316. *In*: Castro, P., Davie, P., GUinot, D., Schram, F.R., Von Vaupel Klein (Eds.). Decapoda: Brachyura. Treatise on zoology, anatomy, taxonomy, biology. Leiden, Netherlands.

McLay, C.L., Becker, C. (2015). Reproduction in Brachyura. pp.185-244. *In*: Castro, P., Davie, P., Guinot, D., Schram, F.R., Von Vaupel Klein (Eds.). Decapoda: Brachyura. Treatise on zoology, anatomy, taxonomy, biology. Leiden, Netherlands.

Motoh, H. (1997). Edible crustaceans of Ecuador, South America I. Crabs. *Bulletin of Biological and Educational Research of Niigata Prefecture*, 32: 47-53.

Ng, P.K., Lai, J.C., Aungtonya, C. (2002). The box and moon crabs of Thailand, with description of a new species of *Calappa* (Crustacea: Brachyura: Calappidae, Matutidae). *Phuket Marine Biological Center Special Publication*, 23(2): 341-360.

Ng, P.K., Lai, J.C. (2012). *Calappa karenae*, a new species of box crab from Guam (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Calappidae). *Zootaxa*, 3393(1): 57-65.

Ortega-Lizárraga, G., Pérez-González, R., Rodríguez-Domínguez, G., Aragón-Noriega, A., Mendivil-Mendoza, J.E., Franco-Ruíz, J.A. (2021). Biological traits of the spot prawn *Pandalus platyceros* (Decapoda: Caridea) at its southern most distribution limit. *Crustaceana*, 94(5): 573-596.

Patterson, L., Dick, J.T., Elwood, R.W. (2009). Claw removal and feeding ability in the edible crab, *Cancer pagurus*: implications for fishery practice. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(2-4): 302-305.

Penagos-García, F.E., Lam-Gordillo, O., Rivera-Velázquez, G., Tapia-García, M. (2010). Crustáceos decápodos de la plataforma continental de la región Socomusco, Chiapas, México. *Lacandonia*, 4(2): 29-36.

Pérez-González, R. (2004). La pesca de langosta *Panulirus* spp., con redes agalleras en el sureste del golfo de California, México: Una pesquería

multiespecífica. 65-78 p. *En*: COASTFISH. Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe.

Pérez-González, R. (2008). Biología y pesquería de la langosta *Panulirus gracilis* Streets 1871, en el sur de Sinaloa, México. *Tesis Doctoral*. Universidad Nacional Autónoma de México. 180 p.

Pérez-González, R. (2011). Catch composition of the spiny lobster *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) off the western coast of Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39(2): 225-235.

Prototapas, N., Katsanevakis, S., Thessalou-Legaki, M., Verriopoulos, G. (2007). Relative growth of the semi-terrestrial crab *Pachygrapsus marmoratus*: An information-theory approach. *Scientia Marina*, 71: 383-394.

Rosas, C., Sanchez, A., Soto, L., Escobar, E., Bolongaro-Crevenna, A. (1992). Oxygen consumption and metabolic amplitude of decapod crustaceans from the northwest continental shelf of the Gulf of Mexico. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 101(3): 491-496.

Rodríguez-Castro, J.H., Ramírez, J.R., Velázquez-De la Cruz, G., Correa-Sandoval, A. (2016). Evaluación del crecimiento de *Callinectes sapidus* (Decapoda: Potunidae) con métodos basados en talla, Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(2): 821-836.

Rodríguez-Domínguez, G., Castillo-Vargasmachuca, S., Pérez-González, R., Aragón-Noriega, A. (2012). Estimation of the individual growth parameters on the brown crab *Callinectes bellicosus* (Brachyura: Portunidae) using a multi-model approach. *Crustaceana*, 85(1):55-69.

Rodríguez-Domínguez, G., Castillo-Vargasmachuca, V.S., Pérez-González, R., Aragón-Noriega, A. (2012). Estimation of the individual growth parameters on the brown crab *Callinectes bellicosus* (Brachyura: Portunidae) using a multi-model approach. *Crustaceana*, 85(1): 55-69.

Rodríguez-Domínguez, G., Castillo-Vargasmachuca, S.G., Ramírez-Pérez, J.S., Pérez-González, R., Aragón-Noriega, E.A. (2014). Modelos múltiples para determinar el crecimiento de organismos juveniles de jaiba azul *Callinectes arcuatus* en cautiverio. *Ciencia Pesquera*. (22): 29-35.

Rodríguez-Domínguez, G., Castillo-Vargasmachuca, S., Pérez-González, R., Aragón-Noriega, A.E. (2018). Allometry in *Calinectes bellicosus* (Decapoda: Brachyura: Portunidae): single-power model versus multi-model approach. *Journal of Crustacean Biology*, 38(5): 574-578.

Romero, L. (2003). Comportamiento reproductivo y mutilaciones en el cangrejo de las rocas *Grapsus grapsus* (Crustacea: Decapoda). *Revista Peruana de Biología*, 10(2): 195-202.

Ruppert, E., Barnes, R. (1996). Zoología de los invertebrados. Ed. Mc Graw-Hill. Sexta edición.

Sant, RA; Pezzuto, PR. (2011). Sexual maturity of the deep-sea red crab *Chaceon notialis* (Brachyura: Gereonyidae) in southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37(3): 429-442.

Sardo, G., Geraci, M.L., Scannella, D., Falsone, F., Vitale, S. (2020). New records of two uncommon species, *Calappa tuerkayana* Pastore, 1995 (Decapoda, Calappidae) and *Parasquilla ferrussaci* (Roux, 1828) (Stomatopoda, Parasquillidae),

from the Strait of Sicily (central Mediterranean Sea). *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 18: 113-121.

Severino-Rodríguez, E; Musiello-Fernández, J; Moura, AA; Branco, GM; Canéo, VO. (2013). Fecundity, reproductive seasonality and maturation size of *Callinectes sapidus* females (Decapoda: Portunidae) in the southeast coast of Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 61(2): 595-602.

Skinner, D. (1985). Molting and regeneration. pp. 43-146. *In*: Blis, D; Mantel, L. (Eds). *The Biology of Crustacea*. Vol 9. Integument, Pigments and hormonal Processes. Academic Press.

Schnute, J. (1981). A versatile growth model with statistically stable parameters. *Canadian Journal of Fishery And Aquaculture Sciences*, 38: 1128-1140.

Sparre, P., Venema, S.C. (1992). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Parte 1. Manual FAO. Doc. Tec. Pesca. 306pp.

Tirado-Ibarra, J.J., Jiménez-Gutiérrez, S., Acuña-Carvajal, C., Muñoz-García, I., Martínez-Pérez, F., Rodríguez-Domínguez, G., Pérez-González, R., Jiménez-Gutiérrez, L.R. (2020). Crustaceans from shrimp by-catch from the southeastern Gulf of California to the southeastern Mexican Pacific: implications of their community structure and reproduction. *Crustaceana*, 93(1): 89-109.

Vargas-Tellez, I., Escamilla-Montes, R., Arzola-González, J.F., Diarte-Plata, G., Luna-González, A., Armenta-Leal, I., Verduzco-Chávez, J.R., Román-Reyes, J.C., Borrego M.I. (2021). Impact of unilateral eyestalk ablation on *Callinectes arcuatus*

under laboratory conditions: behavioral evaluation. *Latin American Journal Aquatic Research*, 49(4): 576-594.

Wenner, A.; Fusaro, C.; Oaten, A. (1974). Size at onset of sexual maturity and growth rate in crustacean populations. *Can. J. Zool.*, 52(9): 1095-1106.

Yáñez-Arancibia, A. (1986). *Ecología de la zona costera: análisis de siete tópicos*. México, D.F., AGT Editor. 189p.

Zambrano, R., Aragón-Noriega, E.A. (2016). Sexual dimorphism and morphometric maturity in males of *Ucides occidentalis* (Brachyura: Ocypodidae) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Crustaceana*, 89(10): 1115-1124.

Zar, J. H. (2014). *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall Inc., New York, USA.

ANEXO 1.- Artículo publicado en revista de divulgación: Environmental Sciences and Ecology: Current Research.



Environmental Sciences and Ecology: Current Research (ESECR)

ISSN: 2833-0811

Volume 4 Issue 1, 2023

Article Information
Received date : February 13, 2023
Published date: February 28, 2023

Corresponding author
Juan Francisco Arzate González,
Posgrado en Ciencias en Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, AP 010, Mazatlán, Sinaloa, México

DOI: 10.54036/ESECR/1085

Keywords
Capture: Crustaceans; Mexican Pacific

Distributed under Creative Commons
CC-BY 4.0

Research Article

Rock Crabs *Grapsus Grapsus* and Box *Calappa Convexa* (Crustacea: Brachyura): Potential Fishery Resources

Yacenia Gutiérrez-Rabín¹, Carlos Alberto Arvizu-Morín², José Adán Félix-Ortiz³, E. Alberto Aragón-Noriega⁴, Jorge Fayán-Alejo⁵, Adrián González-Castillo⁶ and Juan Francisco Arzate-González^{7*}

¹Posgrado en Ciencias en Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, AP010 Mazatlán, Sinaloa, México

²Unidad Sonora del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Av. 235 Camino al Tule, Zona Buzchilumpu, Guaymas, Sonora, 85614, México

³Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, A.P. 810, Mazatlán, Sinaloa, México

⁴Universidad Politécnica de Sinaloa, Carretera Municipal Libre Mazatlán Las Playas, Mazatlán, Sinaloa, México

Abstract

In recent years, the demand for food resources of aquatic origin has increased considerably and this has allowed increasing in the exploitation of alternative resources. Within these, some crustacean crustaceans such as the "rock crab" (*Grapsus grapsus*) and *Calappa convexa* "box crab" stand out due to their frequency and ease capture, which is frequency of the shrimp (*Penaeus*) by-catch and lobster (*Homarus*) fishing. Both species of crabs, due to their size and abundance, represent an economic and nutritional interest for coastal fishermen in northeastern Mexico. At present, there is no fishing regulation on these resources and it is necessary and urgent to take regulatory measures of their population status of these crabs, which are currently captured by fishermen but without biological or administrative control by the authorities responsible for their management fishing in the area.

Introduction

Crustaceans such as shrimp (*Penaeus*), lobsters (*Homarus*) and crabs (*Calappa*, *Callinectes*) represent great nutritional and economic importance for coastal fishermen and marine or offshore. These fishing resources contribute a considerable amount of fishing economy in the country for export (Table 1). However, there are other species of crustaceans such as the "rock crab" or "rock shore crab" (*Grapsus grapsus*) (Figure 1a) and "box crab", "boxed box crab" or "stone faced crab" (*Calappa convexa*) (Figure 1b) which, due to their size and frequency of capture, are of economic interest for the fishermen family livelihood. In addition, these two species are part of the diet of other commercially important aquatic organisms (jellyfishes and fish), and are also considered ecological regulators of the marine ecosystem.

Table 1- Crabs information for the main decapod crustaceans fisheries in Mexico [1].

Fishing Resource	Volume (Tonnes)	Value (Thousands of pesos)	Average Annual Growth Rate of Production (%)
Shrimp	227,829	17,787,349	3.67
Lobster	1,196	913,897	8.64
Crab	16,692	153,647	4.29

*Last 10 years.

Most of the studies of *G. grapsus* and *C. convexa* are focused on their taxonomy and distribution. However, in the Mexican Pacific there are very few investigations related to these crabs. In *G. grapsus* [2-4] analyzed the size and reproductive aspects. In *C. convexa*, [5] analyzed the main aspects of the biology and fishery of box crab, and [6], determined the efficiency of *C. convexa*. The objective is to determine the fishing importance of these crabs among coastal fishermen, society and the fishing activities.



BRILL

Crustaceana 94 (11-12) 1407-1427

CRUSTACEANA



ALLOMETRY OF THE BOX CRAB *CALAPPA CONVEXA* DE SAUSSURE,
1853 (BRACHYURA, CALAPPIDAE) IN THE SOUTHEASTERN GULF OF
CALIFORNIA

BY

CARLOS A. ARVIZU-MERÍN^{1,5}), JUAN F. ARZOLA-GONZÁLEZ^{1,6}),
JOSÉ A. FÉLIX-ORTIZ^{2,7}), GUILLERMO RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ^{2,8}),
EMIGDIO MARÍN-ENRÍQUEZ^{3,9}) and E. ALBERTO ARAGÓN-NORIEGA^{4,10,11})

¹) Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Clausen s/n Col. Centro, Mazatlán, Sinaloa 82000, Mexico

²) Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen S/N, Mazatlán, Sinaloa 82000, Mexico

³) CONACYT — Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen S/N, Mazatlán, Sinaloa 82000, Mexico

⁴) Unidad Sonora del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Km 2.35 Camino al Tular, Estero de Bacochibampo, Guaymas, Sonora 85454, Mexico

ABSTRACT

The relative growth of *Calappa convexa* can be used to identify dimorphism or morphological change related to sexual maturation. The carapace width (CW) against width and length of the propodus of the right and left cheliped were tested to obtain a coefficient of allometry. CW against total wet weight WT values were analysed for length-weight relationships (LWR). Relative growth was analysed by a multi-model approach. Five models were tested and the best was selected due to the greater weight of the Akaike criterion (W_i). Significant differences between sexes were found in CW ($t = 3.33$, $p < 0.001$) and WT ($U = 14.012$, $p < 0.05$). The negative or positive allometry varied according to the morphometric relationship and sex. No real winner model ($W_i > 90\%$) was observed in the LWR analysis under a multi-model approach. The average model estimated a breakpoint at 118 mm CW in males and 132 mm CW in females.

⁵) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4721-7453>

⁶) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3349-1021>

⁷) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9511-9108>

⁸) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5612-5131>

⁹) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5007-9357>

¹⁰) Corresponding author; e-mail: aaragon04@cibnor.mx

¹¹) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1043-0365>

