



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
DOCTORADO EN CIENCIAS EN RECURSOS
ACUÁTICOS**



**ANÁLISIS POBLACIONAL DEL CANGREJO DE ROCA
Grapsus grapsus EN EL INTERMAREAL DE LA BAHÍA
NAVACHISTE, GUASAVE, SINALOA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORADO EN CIENCIAS EN RECURSOS ACUÁTICOS
EN EL AREA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RECURSOS
PESQUEROS**

PRESENTA:

YECENIA GUTIERREZ RUBIO

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. RAUL PEREZ GONZÁLEZ**

MAZATLÁN, SINALOA, DICIEMBRE 2021



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



Análisis poblacional del cangrejo de roca *Grapsus grapsus* en el intermareal de la bahía Navachiste, Guasave, Sinaloa

RESUMEN

En la bahía Navachiste, cuando algunos recursos pesqueros como el camarón y jaiba se encuentran durante en veda los pescadores ribereños se dedican a la extracción de otros recursos acuáticos, como los cangrejos de roca *Grapsus grapsus* sin un control biológico y/o administrativo. El objetivo de esta tesis fue analizar algunos parámetros poblacionales como la estructura de tallas, proporción de sexos, talla de madurez sexual, fecundidad y crecimiento de la población del cangrejo roca *G. grapsus* en la zona intermareal de la bahía Navachiste, Guasave Sinaloa, México. Los muestreos se realizaron de noviembre de 2017 a octubre del 2018 y con una periodicidad de muestreo mensual. Se estableció una estación de muestreo en cada isla. Las colectas de organismos fueron nocturnas y se capturaron de manera directa y durante la bajamar. Se procuró coleccionar 30 organismos en cada muestreo. Los ejemplares fueron depositados en bolsas de plástico, etiquetadas y transportados en hielo al laboratorio. A los organismos se les determinó el sexo y se registró datos de anchura (AN), longitud (LT), altura (AL) en mm y peso (PT) en g. Se analizó la estructura de tallas por sexo e isla y se estimaron las relaciones biométricas entre las longitudes, y entre longitudes y peso. Se estimó la proporción de sexos y la talla de primera madurez sexual ($AN_{50\%}$) por sexo, se analizaron las hembras grávidas, las fases embrionarias, la fecundidad y se analizó el crecimiento poblacional del cangrejo roca como modelos candidatos los cinco casos del modelo de Schnute. La estructura de tallas presentó las máximas en AN y PT en 69.26 mm y 137.5 g. Los promedios para el total de la población fueron de 18.03 (AN), 14.60 (LT) y 8.09 (AL) en mm y de 4.94 (PT) en g. Por sexos, la AN y PT, no resultaron con diferencias estadísticas entre los machos y hembras. Las hembras registraron un crecimiento alométrico positivo tanto en los juveniles como adultas. Los machos registraron un crecimiento alométrico positivo como juveniles y alométrico negativo como adultos. Los parámetros ajustados con AC y AL para hembras, indicaron que el modelo de

2 segmentos "TS" fue el que mejor se representó en la mayoría de los casos. En machos el mejor modelo fue de "3S". El mayor porcentaje fue hembras ovígeras con 54.9 % y el restante 45.1 % a hembras no ovígeras y la fase embrionaria más representativa fue "Naranja-Rojo" con 32.1 %. La talla de primera madurez sexual en AN en hembras fue 12.08 mm y 12.8 mm en machos. La fecundidad en promedio por hembra entre las islas fue 9,245 cigotos/hembra/isla. Resultaron tres grupos de edades y el mejor modelo de crecimiento fue el caso 2 (Modelo Gompertz) para *G. grapsus*.

Palabras clave: Captura, tallas, población, *Grapsus grapsus*, islas de Navachiste.

Population analysis of the rock crab *Grapsus grapsus* in the intertidal zone of Navachiste Bay, Guasave, Sinaloa

ABSTRACT

In Navachiste Bay, when coastal fishermen meet during the closure of some fishery resources such as shrimp and crab, they practically engage in the extraction of other aquatic resources without biological and/or administrative control, such as the rock crabs *Grapsus grapsus*. The objective was to analyze some population parameters such as sizes, sex ratio, size first sexual maturity, fecundity and population growth of the *G. grapsus* rock crab in the intertidal zone of Navachiste Bay, Guasave, Sinaloa, Mexico. The samplings frequency. A sampling station was established on each island and the transfer were by boat with an outboard motor. Organism collections were nocturnal and were deposited in plastic bags. Later they were transported to the laboratory in a cooler. The organisms were sexed by primary sexual dimorphism and subsequently the biometrics of width (AN), length (LT) and height (AL) in mm, as well as their respective weight (PT) in g, were determined. With the data, the size structure by sex and island were analyzed, biometric correlations were made between lengths, and between lengths and weight. In addition, AN-LT allometry were performed. The proportion of sexes and the size of first sexual maturity ($AN_{50\%}$) by sex were estimated, the gravid feales, the embryonic phases, the fecundity were analyzed y the population growth of the rock crab were analyzed as candidate models in the five cases of the Schnute model. The size structure presented the maximun in AN and PT in 36.26 mm and 137.5 g, respectively. The average for the total population were 18.03 (AN), 14.60 (LT) and 8.09 (AL) mm and 4.94 (PT) g. By sex, the AN and PT not result with statistical differences between males and females. Females registered positive allometric growth in both juveniles and adults. Males registered positive allometric growth as juveniles and negative allometric growth as adults. The parameter adjusted with AC and AL for females indicated that the two segments model "TS" were the best represented in most cases. In males the best model were three segments "TS". The highest percentage were ovigerous females with

54.9 % and 45.1 % non-ovigerous females, the most representative embryonic phase were "Orange-Red" with 32.1 %. The size of first sexual maturity in AN in females were 12.08 mm and 12.8 mm in males. The average fecundity for female among the islands were 9,245 eggs/females/island. Three age groups resulted and the best growth model were Case 2 (Gompertz Model) for *G. grapsus*.

Key word: Cath, sizes, population, *Grapsus grapsus*, Navachiste islands.

Al Laboratorio Programa Langosta, responsable y director de mi Tesis **Dr. Raúl Pérez González** y a sus colaboradores por sus atenciones y solidaridad para el desarrollo de esta Tesis. La presente investigación forma parte de los objetivos de estudio de las langostas *Panulirus* en el sureste del Golfo de California. Este estudio fue apoyado con financiamiento del proyecto de este laboratorio y BECA-CONACYT para la estudiante.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi director de Tesis: **Dr. Raúl Pérez González** de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, quien desde hace años ha compartido sus conocimientos y experiencias en el tema de los crustáceos, pero también por su solidaridad y apoyo incondicional para mi formación académica.

A mi revisor y miembro de mi Tesis **Dr. Guillermo Rodríguez Domínguez** de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa por aceptarme como parte de sus estudiantes, por compartir sus amplios conocimientos en la dinámica poblacional e interpretación de modelos poblacionales de los crustáceos, pero también por su valiosa amistad.

A mi revisor y miembro de mi Tesis **Dr. Jesús Manuel Díaz Gaxiola** del Tecnológico Nacional de México, por sus acertados comentarios en el desarrollo de la presente.

A mi revisor y miembro de mi Tesis **Dr. Andrés Martín Góngora Gómez** del Centro de Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional por sus sugerencias para el mejoramiento del manuscrito.

A mi revisora y miembro de mi Tesis **Dra. María Candelaria Valdez Pineda** de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, por sus comentarios al escrito y su apoyo solidario para la culminación.

A la **Lic. Nerika Benitez Pardo** asistente del Posgrado en Ciencias en Recursos Acuáticos de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, quien siempre he contado con su apoyo ante las gestiones del posgrado y ante el CONACYT.

A los Laboratorios de **Biología, Invertebrados y Ecología del Bentos, Programa Langosta y Estudios Ambientales** de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, por permitirme sus instalaciones para la actividad de laboratorio.

A los **Pescadores de la bahía de Navachiste** y en especial los del campo pesquero El Huitussi para el traslado a las zonas de muestreo. En particular a los señores: **Feliciano Gutiérrez Elenes** y **Carlos Gutiérrez Chicuate**.

A mis compañeros y amigos: **Yanira, Concepción (Concho) y Manuel**, por compartir sus experiencias en el posgrado.

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

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca otorgada para realizar mi estancia doctoral.

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

....**GRACIAS**

INDICE

1. Introducción.	.1
2. Antecedentes..	.5
3. Planteamiento del problema.	.14
4. Hipótesis.	.15
5. Objetivos.	.16
5.1. Objetivo	
5.2. Objetivos particulares	
6. Área de estudio.	.17
7. Material y métodos.	.21
7.1. Estaciones de muestreo y recolecta de organismos	
7.2. Diseño de muestreo	
7.3. Variables morfométricas	
7.4. Alometría	
7.5. Hembras ovígeras y no ovígeras y fases embrionarias en hembras	
7.6. Proporción de sexos y talla media de madurez sexual ($AN_{50\%}$).	
7.7. Fecundidad.	
7.8. Crecimiento.	
7.9. Análisis estadístico	
8. Resultados y discusión.	.33
8.1. Estructura de tallas.	
8.2. Relaciones biométricas.	

- 8.3. Alometría
- 8.4. Hembras ovígeras y no ovígeras y fases embrionarias
- 8.5. Talla de madurez sexual (AN_{50%}).
- 8.6. Fecundidad.
- 8.7. Crecimiento.

9. Conclusiones.78
10. Literatura citada.81
11. Anexos.98

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Morfología de <i>Grapsus grapsus</i> .	10
2	Diferenciación sexual de <i>Grapsus grapsus</i> : a) hembras, b) machos.	10
3	Juvenil a) y adulto b) de <i>Grapsus grapsus</i> en intermareal de las islas de Navachiste.	12
4	Localización geográfica de las islas de la bahía de Navachiste, Sinaloa.	17
5	Variables morfométricas de a) anchura (AN), b) longitud total (LT), c) altura (AL) en mm y d) peso total (g) de <i>Grapsus grapsus</i> .	23
6	Porcentajes de captura de <i>Grapsus grapsus</i> en la zona intermareal en las islas de la bahía de Navachiste.	34
7	Porcentajes de captura de hembras y machos de <i>Grapsus grapsus</i> en la zona intermareal de las islas de la bahía de Navachiste.	35
8	Histogramas de frecuencia en LT (mm) y PT (g) en <i>Grapsus grapsus</i> en la bahía Navachiste.	43
9	Diagramas de dispersión entre LT, AL, AN y PT de <i>Grapsus grapsus</i> en la zona intermareal de la bahía Navachiste.	47
10	Diagrama de dispersión de la altura en relación con el ancho de cefalotórax en <i>G. grapsus</i> y coeficientes de alometría. En línea punteada se muestra la estructura de talla.	52
11	Variación en los porcentajes de hembras ovígeras y no ovígeras de <i>Grapsus grapsus</i> en la zona intermareal de la bahía Navachiste.	55

12	Frecuencia de porcentajes de fases sexuales en hembras de <i>Grapsus grapsus</i> en la zona intermareal de la bahía Navachiste.	57
13	Talla de madurez sexual (AN _{50%}) en hembras (a) y machos (b) de <i>Grapsus grapsus</i> en la zona intermareal de la bahía Navachiste.	62
14	Crecimiento de <i>G. grapsus</i> en la bahía Navachiste	73

LISTA DE TABLAS

Tabla	Descripción	Página
1	Principales características y ubicación geográfica de las islas La Ventana, Guasayeye y San Lucas, bahía Navachiste.	18
2	Modelos candidatos.	25
3	Fórmulas del Criterio de Akaike.	27
4	Valores totales de máxima, mínima, promedio y desviación estándar de AN, LT, AL (mm) y PT (g) de <i>Grapsus grapsus</i> en la bahía Navachiste.	38
5	Valores de máxima, mínima, moda, promedio y desviación estándar de AN, LT, AL (mm) y PT (g) de <i>Grapsus grapsus</i> por islas: Guasayeye, San Lucas y La Ventana.	39
6	Ecuaciones de relaciones biométricas entre longitudes y longitudes y peso por sexo y coeficiente de determinación (R^2) de <i>G. grapsus</i> en la bahía Navachiste.	46
7	Parámetros de los modelos de las relaciones alométricas de Altura en relación con el ancho de cefalotórax e índices de información para la selección e inferencia multimodelo en machos y hembras de <i>G. grapsus</i> . En negritas los modelos que acumularon más del 90% del peso de Akaike.	51
8	Máxima, mínima y media del peso total de hembra (PTH, en mm), peso fresco de la masa ovígera (PFMO en g), peso seco de la masa ovígera (PSMO en g) en g y fecundidad (FEC=número de cigotos) de <i>G. grapsus</i> en la zona intermareal de la bahía Navachiste.	67
9	Selección multimodelo y parámetros de los cinco casos del modelo Schnute.	74

1.-INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras y estuarios son ambientes acuáticos altamente productivos, son sistemas complejos y desde el punto de vista hidrológico están influenciados por el flujo de corrientes desde la zona costera a las lagunas o viceversa, esto de acuerdo a las mareas (flujo y reflujos), en las cuales se caracterizan por cuerpos de agua (lagunas costeras y estuarios) bien definidos, reflejándose características físicas, químicas y biológicas propias de estos sistemas acuáticos. Además, son ecosistemas acuáticos poco profundos que se desarrollan en la interfase entre los ecosistemas terrestres y marinos (Quiroz-Del Campo, 2014). Estas lagunas son muy importantes para la conservación de la biodiversidad ya que son refugio de aves migratorias y de la biota acuática y son el hábitat adecuado para los productores primarios (fitoplancton y plantas acuáticas). Son consideradas las áreas más productivas del ecosistema marino, con tramas tróficas de alta diversidad y biomasa de productores secundarios en comparación con otros ecosistemas acuáticos (Yáñez-Arancibia, 1986; Anónimo, 1988).

Los crustáceos tienen gran importancia para el hombre desde el punto de vista alimenticio y económico. Comprenden un recurso que aporta una cantidad considerable de divisas para el país por concepto de exportaciones. Además, especies de crustáceos son consideradas como reguladores ecológicos, por su papel como consumidores o porque forman parte de la dieta de otras especies, muchas de importancia comercial (Cognetti *et al.*, 2001; Santamaría-Miranda *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2010). Los crustáceos son habitantes comunes de los

ecosistemas marinos y costeros (Álvarez *et al.*, 2014), además son un grupo abundante y muy diverso de las comunidades intermareales de las islas (Flores-Campaña *et al.*, 2003a; Arzola-González *et al.*, 2010; Freire *et al.*, 2010).

La fauna de la zona intermareal insular comprende comunidades que se pueden estudiar con relativa facilidad ya que sus componentes se encuentran en ambientes prácticamente aislados; esta característica de las islas despierta el interés por saber más sobre ellas y por conocer las especies que las habitan (Ríos-Jara *et al.*, 2008).

La costa de Sinaloa y sus recursos naturales han sido insuficientemente estudiados (Flores-Campaña *et al.*, 2003b). En esta región se localizan un poco más de 400 islas, las cuales se clasifican en farallones, cayos, barras, puntas, arrecifes, rocas, islas, e islotes y representan casi el 45 % de los cuerpos insulares que se encuentran dentro del Golfo de California (Flores-Campaña *et al.*, 2003b). Por su ubicación, las islas de Sinaloa se consideran continentales, por su cercanía con la zona costera o dentro de cuerpos costeros semi-encerrados de bahías, e.g. Topolobampo, Navachiste, Santa María, Altata-Ensenada del Pabellón y Mazatlán (Anónimo, 1988).

Asimismo, es poco conocido que las islas de Sinaloa forman parte de un área natural protegida que actualmente se identifica como Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California (DOF 07/06/2000). Por ello, es necesario un adecuado conocimiento de las comunidades que habitan en estos ambientes,

principalmente en aquellos donde las actividades antropogénicas no han generado modificaciones importantes en su composición (Flores-Campaña *et al.*, 2008).

Cuando los pescadores ribereños de la costa de Sinaloa disminuyen la captura de los recursos que explotan regularmente o que no pueden ser explotados durante los periodos de veda, se dedican a otras actividades, como la agricultura (Castañeda-Lomas, 2010), o a la extracción de recursos alternativos. Entre ellos, por su accesibilidad y fácil captura, destacan algunas especies de crustáceos que se pueden recolectar en aguas someras o en la franja intermareal.

Una de estas especies es el cangrejo de roca *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758), que es utilizado localmente como complemento para la alimentación familiar (Arzola-González y Flores-Campaña, 2008), y como carnada para la pesca de escama, como la palometa, el botete (*Spheroides* spp) y el pargo (*Lutjanus* spp) durante todo el año (Arzola-González *et al.*, 2010).

El cangrejo roca *G. grapsus* es una de las especies intermareales más comunes en las islas Venados, Lobos y Pájaros localizadas frente a la bahía de Mazatlán (Gutiérrez-Rubio *et al.*, 2018), asimismo en otros cuerpos de agua costeros (bahías) de Sinaloa (Gutiérrez-Rubio *et al.*, 2020). Esta especie, perteneciente a la familia Grapsidae, se distribuye en el Pacífico Oriental desde Isla Cedros, en la costa oeste de Baja California, las Rocas Alijos y las islas Revillagigedo, México hasta la bahía Talcahuano, Chile; incluyendo las islas Galápagos, Clipperton, Malpelo y Juan Fernández (Garth, 1992; Hendrickx, 1992; Wicksten, 1995).

La mayoría de los trabajos realizados sobre esta especie tratan de su identificación y distribución. Sin embargo, en la actualidad prácticamente no existen estudios sobre caracteres morfométricos, fecundidad y crecimiento de *G. grapsus*, por lo que estos trabajos son básicos para una evaluación pesquera de este recurso, sobre todo, por su accesible vulnerabilidad y fácil captura sin que exista una regulación de su extracción, situación muy distinta a la observada en otros crustáceos decápodos, en los que si se han analizado diversos aspectos biológicos pesqueros, e.g. la langosta (*Panulirus* spp), los camarones peneidos (Penaeidae) y las jaibas *Callinectes* spp (Peñuelas-Román, 2002; Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012).

Es de suma importancia conocer la diversidad faunística y en particular de los crustáceos decápodos de nuestras lagunas costeras e islas de México y sobre todo las que se ubican en el Golfo de California, por su interés pesquero, pues de esta forma podremos implementar estrategias efectivas para la conservación y aprovechamiento sustentables de los principales recursos pesqueros. Por lo anterior, es necesario analizar algunos de los principales aspectos biológico-poblacionales del cangrejo de roca como es su morfometría, proporción de sexos, talla de primera madurez, hembras grávidas, fecundidad y crecimiento de *G. grapsus* en la bahía de Navachiste, Sinaloa.

2.- ANTECEDENTES

Los estudios realizados sobre *G. grapsus* son escasos, ya que solo han sido analizados a nivel de taxonomía, distribución y morfología, dentro de estos trabajos destacan los estudios de Brusca (1980) quien realizó una compilación de los trabajos realizados hasta ese momento sobre los principales grupos de crustáceos intermareales del golfo de California, aportando así información general de sus tallas y observaciones de campo.

Hendrickx (1992, 1995a) enlistó taxonómicamente los crustáceos decápodos del golfo de California e indicó que la mayoría de ellos presenta una distribución geográfica que abarca toda la región del Pacífico Este Tropical, es decir, desde Bahía Magdalena y el golfo de California hasta Perú. Campos y de Campos (1998) analizaron diversos aspectos taxonómicos y la distribución de cinco especies de la familia Grapsidae en la costa del golfo de California entre las que se incluyó a *G. grapsus*.

En cuanto a los aspectos reproductivos de la especie, Guerao *et al.* (2001) describieron el primer estadio zoea obtenido en condiciones de laboratorio de *G. grapsus* y *Geograpsus lividus* (H. Milne-Edwards) a partir de hembras grávidas recolectadas en la zona intermareal de Veracruz en el Golfo de México. Romero (2003) analizó el comportamiento reproductivo y mutilaciones de *G. grapsus*, indicando que la mayor frecuencia de mutilaciones de apéndices se presentó en los machos por intentos de cópulas y por agresiones entre cangrejos de diferente tamaño. Mientras Teschima *et al.* (2007) determinaron la fecundidad de *G.*

grapsus en el archipiélago San Pedro, Brasil, señalando que éstas producen en promedio 23,873 huevos por hembra.

En lo que se refiere a ecosistemas insulares, se han analizado los crustáceos intermareales en las islas Lobos, Venados y Pájaros por González-Medina *et al.*, (1998) quienes señalaron que *G. grapsus* es una especie poco abundante pero muy frecuente en la zona rocosa. Peñuelas-Román (2002) indicó a la misma especie como de abundancia intermedia en la misma región. En islas de la bahía de Navachiste, Beltrán-Lizárraga y Arce-Rodríguez (2006) analizaron la estructura de la comunidad de crustáceos decápodos de la zona intermareal y ubicaron a la especie como poco abundante y poco frecuente.

Gianuca y María-Vooren (2007) analizaron la abundancia y comportamiento de *G. grapsus* y una colonia de pájaro “bobo café” *Sula leucogaster* (Buddaert, 1783) del archipiélago costero de San Pedro y San Paulo, Brasil, y señalaron que durante el día los cangrejos de roca se refugian en madrigueras u oquedades o en pozas de marea para evitar la insolación.

Arzola-González y Flores-Campaña (2008) analizaron las alternativas para el aprovechamiento de los crustáceos decápodos del estero El Verde, Camacho, Sinaloa, incluyendo aspectos de utilización y distribución de *G. grapsus*. Por su parte, Arzola-González *et al.* (2010) determinaron la lista sistemática de los crustáceos decápodos intermareales presentes en las islas de la costa de Sinaloa

e indicaron en *G. grapsus* su localización y sus observaciones del hábitat donde se recolectó la especie.

Algunas especies de cangrejos incluyendo *G. grapsus*, han sido analizados de manera general sus tallas (Brusca, 1980, Hendrickx, 1992, 1995b). Sin embargo, Guerrero y Arana (2009) estudiaron las poblaciones del cangrejo dorado *Chaceon chilensis* capturados mediante trampas artesanales en torno a la isla Robinson Crusoe del archipiélago Juan Fernández (Chile). En este trabajo los autores analizaron la estructura de tallas (LC) por sexo y determinaron la primera talla de madurez sexual.

Respecto al crecimiento, Putter (1920), citado en Sparre y Venema (1997) elaboró un modelo de crecimiento que se puede considerar la base de la mayoría de los otros modelos, incluido por Von Bertalanffy (1976) que es un modelo matemático para el crecimiento individual, que ha sido demostrado ser ajustable al crecimiento observado en la mayoría de especies acuáticas. El crecimiento en crustáceos, ha sido analizado por Arzola-González *et al.* (2008) quienes determinaron el crecimiento poblacional de *P. vannamei* en una granja de camarón blanco a baja salinidad, determinando una ecuación de crecimiento a través del modelo Von Bertalanffy en $L_{\max}= 155.4$ mm, $K= 0.08$ y $t_0=-0.04$. En los cangrejos *Callinectes arcuatus* y *Callinectes bellicossus*, Hernández y Arreola-Lizárraga (2007) analizaron los parámetros de crecimiento con el modelo Von Bertalanffy en organismos recolectados en la laguna Las Guasimas, Sinaloa y Diarte-Plata *et al.*

(2018) en la población de *C. arcuatus* colectados en la bahía del Colorado, Sinaloa.

En otros crustáceos decápodos comerciales se han analizado el crecimiento poblacional mediante modelos recientes como los cinco modelos candidatos del modelo de Schnute (Schnute, 1981), modificado por Montgomery *et al.* (2010), como en las jaibas *C. bellicossus* (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012), *C. arcuatus* y *C. bellicossus* (Rivera-Velázquez, 2019), camarón blanco *Litopenaeus vannamei* y camarón azul *L. stylirostris* mediante un enfoque multimodelo (Aragón-Noriega, 2016).

Características generales de los crustáceos decápodos

La mayoría de los miembros del Subphylum Crustacea, en particular los braquiuros son fundamentalmente acuáticos, dotados de mandíbulas y dos pares de antenas (antenas y anténulas). Se encuentran entre los animales de mayor éxito adaptativo, ya que dominan los mares, en gran medida, también han tenido éxito al habitar en el agua dulce y en ambientes terrestres y húmedos (Brusca, 1980).

El cuerpo de un crustáceo se compone de tres regiones: cabeza o *cephalon*, tórax o *pereion* y abdomen o *pleon*. Como resultado de su evolución, en los cangrejos, cabeza y tórax se encuentran fusionados y forman un cefalotórax o

cephalopereion, mientras que el abdomen es pequeño y está plegado bajo la superficie ventral del cefalotórax (Boschi, 2016).

Al igual que el resto de los crustáceos decápodos, los cangrejos braquiuros poseen cinco pares de pereiópodos (apéndices del pereión); el primer par está transformado en pinzas denominadas quelípedos o quelas y son, generalmente, más fuertes que los cuatro pares de pereiópodos restantes que carecen de pinza y tienen, en general, una función locomotriz (Fig. 1). Una de las características de la mayoría de los braquiuros es que las hembras presentan un pleón o abdomen más desarrollado o ancho que los machos (Fig. 2), lo cual es importante para su función reproductiva, lo cual además de facilitar una diferenciación sexual de los individuos adultos, es importante para su función reproductiva ya que la hembra lleva los huevos entre el abdomen y el esternón durante la época de incubación, donde se mantienen adheridos a los apéndices del pleón o pléopodos, de manera que permanecen protegidos hasta el momento de la eclosión (Hendrickx, 1995b).

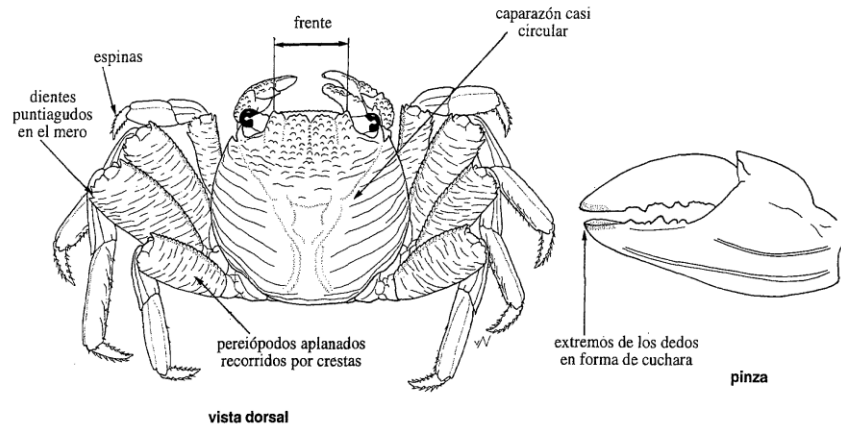


Figura 1.- Morfología de *Grapsus grapsus*.

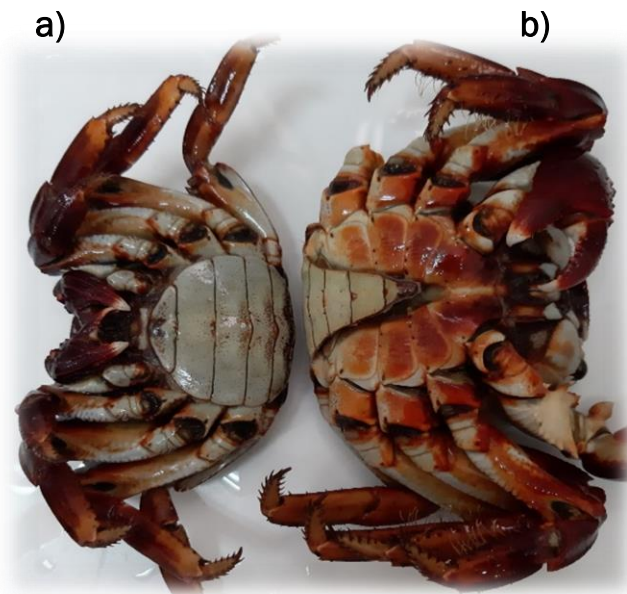


Figura 2.- Diferenciación sexual de *G. grapsus*: a) hembras, b) machos.

La biología reproductiva de los crustáceos decápodos ha sido documentada en muchas especies, particularmente de los cangrejos braquiuros, a partir de esto se evidencia que los miembros de este grupo presentan una gran diversidad de estrategias reproductivas que maximizan la supervivencia de la descendencia y/o el éxito reproductivo, lo que les permite la colonización de una gran variedad de hábitats manteniendo así la permanencia de las poblaciones a lo largo del tiempo (Hartnoll, 1988).

Familia Grapsidae

Los grapsideos del Pacífico mexicano representan una familia importante (Grapsidae) por sus adaptaciones a diversos ambientes (marino, rocoso, lodoso, semi-terrestre, estuarino). Contienen un buen número de especies tropicales en su distribución. Seis especies no rebasan los límites del Pacífico este tropical: dos hasta Colombia, dos hasta Perú, una hasta Ecuador y otra hasta Acapulco, México. Esta familia contiene tres especies endémicas de México (Pacífico) *Glyptograpsus impressus* se conoce solamente desde Acapulco hasta Panamá, mientras que *Plagusus depressus tuberculosa* ha sido encontradas desde el sur del Golfo de California hasta Acapulco, además de isla Clipperton, Rocas Alijos y presenta una amplia distribución en el Indo-Pacífico (Garth, 1965; Hendrickx, 1993; Wicksten, 1993). *Geotice americanus* presenta una distribución centrada sobre la península de Baja California, y es conocida al sur de bahía Tórtola y al centro de Guaymas, Sonora (Brusca, 1980).

Grapsus grapsus (Linnaeus, 1758)

Grapsus grapsus (Fig. 3) presenta una distribución muy amplia en el Pacífico este, desde isla Cedros hasta la bahía de Talcahuano, Chile, incluyendo numerosas islas oceánicas (Hendrickx, 1993; Wicksten, 1993; Arzola-González *et al.*, 2010; Álvarez *et al.*, 2014). Además, se localiza en playas rocosas del Atlántico (Freire *et al.*, 2010), en el Atlántico oriental se distribuye desde Azores y Marruecos, incluyendo Canarias, hasta la zona sur-occidental del África (Manning y Holthuis, 1981; González-Pérez, 1995; Fernández-Sánchez, 2012). Además, esta especie se ha señalado en agua dulce en la Isla Trindade, Brasil (Iwasa-Arai *et al.*, 2017).

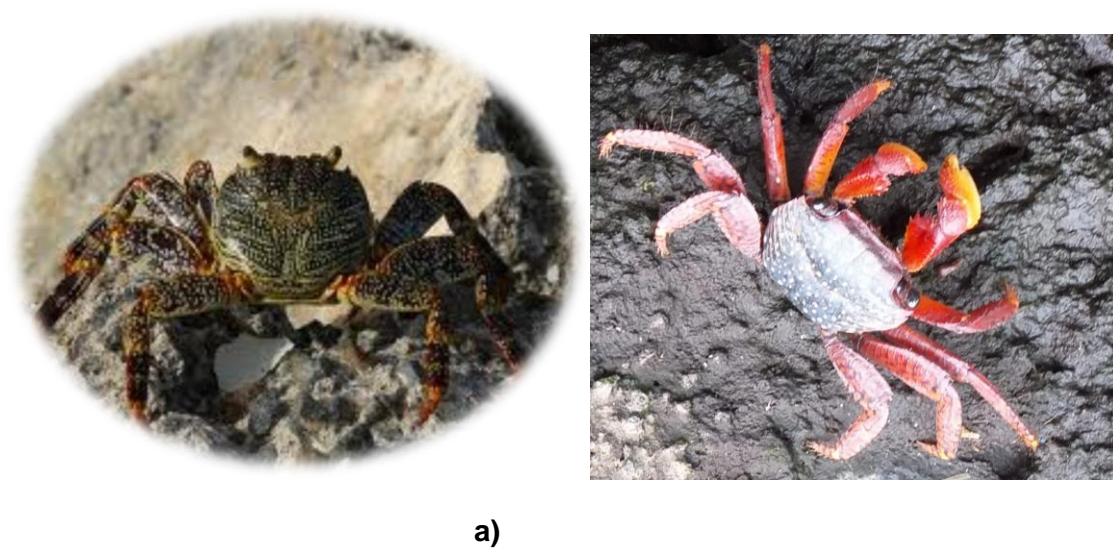


Figura 3.- Juvenil a) y adulto b) de *Grapsus grapsus* en intermareal de las islas de Navachiste.

Los cangrejo del género *Grapsus*, como el cangrejo de roca *G. grapsus*, es una especie muy común en la zona intermareal rocosa de la zona costera del Atlántico (Freire *et al.*, 2010), costa oeste de África (Hartnoll, 1988) y del Pacífico (Hendrickx, 1992, 1993, 1995b), básicamente la diferencia en este género con otras especies similares (*G. adscensionis*) es la tonalidad del cefalotórax y de los pereiópodos.

El ciclo de vida de *G. grapsus* involucra la larva planctónica (zoea), seguido de la larvas megalopa (juveniles 23.8 mm), este desarrollo es debido a cambios morfológicos a través de muda, es decir, cambios de exoesqueleto sincronizados (Hartnoll, 2001). En machos cuando son juveniles se alarga el primer par de pereiópodos respecto al cefalotórax y en hembras se ensancha el abdomen para proteger la masa ovígera (Freire *et al.*, 2010). Los individuos de esta especie presentan diferencias de tamaño entre los machos y las hembras. El dimorfismo sexual en las proporciones del caparazón permite determinar la talla de primera madurez (Romero y Mutsunori, 1994; Fernández-Sánchez, 2012).

3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, como resultado del incremento poblacional en las zonas aledañas a los cuerpos de agua, cada vez se incrementa la demanda de recursos alimenticios de origen acuático. Las capturas de moluscos (almejas, ostiones y mejillones), crustáceos (camarones y langostas) y peces, entre otros, no han sido suficientes, de tal forma que se ha tenido que recurrir a la utilización de otras especies acuáticas que no eran consideradas como atractivas para su consumo.

Como una alternativa, algunos pescadores de la región de la bahía Navachiste, capturan de forma constante y sin control, al cangrejo de roca (*Grapsus grapsus*), el cual se caracteriza por ser un organismo de tallas pequeñas y que es utilizado como alimento, o como carnada para la pesca de escama (palometa, botete, pargo, etc.).

Por lo anterior, resulta necesario contar con información básica de *G. grapsus*, particularmente sobre algunos aspectos biológicos-pesqueros como son las tallas, proporción de sexos, talla de primera madurez sexual, fecundidad y crecimiento en la población del cangrejo roca en el intermareal de la bahía Navachiste, y así, contribuir posteriormente a un mejor manejo de este recurso.

4.- HIPOTESIS

Por sus tallas, actividad reproductiva y crecimiento el cangrejo roca *Grapsus grapsus* resulta un recurso pesquero para su captura en la bahía Navachiste, Guasave, Sinaloa, México.

5.- OBJETIVOS

5.1.- Objetivo general

Aportar información sobre aspectos biológicos-pesqueros de *Grapsus grapsus* como tallas, proporción de sexos, talla de madurez sexual, fecundidad y crecimiento de la zona intermareal de algunas islas de la bahía Navachiste, Sinaloa, México.

5.2.- Objetivos particulares

5.2.1.- Describir la estructura de tallas de *G. grapsus* en la bahía Navachiste.

5.2.2.- Estimar las relaciones biométricas entre medidas corporales y el peso de los organismos.

5.2.3.- Estimar el coeficiente de alometría de la altura, largo y peso respecto al ancho del cefalotórax.

5.2.4.- Analizar el desarrollo embrionario en las hembras ovígeras.

5.2.5.- Estimar la talla de madurez sexual en hembras.

5.2.6.- Analizar la fecundidad de las hembras.

5.2.7.- Estimar el crecimiento de *G. grapsus*.

6.- AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se compone por un sistema de islas, entre ellas Guasayeye, La Ventana y San Lucas (Tabla 1), entre otras, todas pertenecientes a la Bahía de Navachiste, y que se ubican sobre la zona costera del sureste del golfo de California, entre los 25° 22' y 25° 35' de latitud norte y los 108° 42' y 108° 56' de longitud Oeste (Fig. 4).



Figura 4.- Localización geográfica de las islas de la bahía de Navachiste, Sinaloa.

La bahía de Navachiste comprende un área aproximada de 21,400 hectáreas. Se caracteriza por ser un sistema semicerrado, ubicándose al oeste con la bahía de San Ignacio y al este con el golfo de California y la bahía de Macapule, además se

forman dos canales sobre este sector, por la presencia de una barrera de arena conocido como isla de San Ignacio.

Tabla 1.- Principales características y ubicación geográfica de las islas La Ventana, Guasayeye y San Lucas, bahía Navachiste.

Isla	Ubicación geográfica	Características
La Ventana	25°29'46''-108°24'54''	Ensenada rocosa, Sustrato limo-arcilla.
Isla Guasayeye	25°28'35.1''-108°50'22.4''	Playa con puntas rocosas en ambos lados.
Isla San Lucas	25°28'10.8''-108°48'13.2''	Zona rocosa con arena, rocas grandes en la parte alta con pequeños fragmentos de manglar.

Se establecieron estaciones de colecta entre las islas a estudiar. Estas presentan características con hábitats similares que van desde sustratos rocosos, arcillosos, zona de manglar, fango y arcilla; las cuales se identifican por pequeñas áreas de playa.

La Bahía de Navachiste se define geológicamente como un sistema lagunar del tipo III-A, según Lankford (1977) la cual la identifica como una plataforma de barrera interna; mientras que Carranza-Edwards *et al.*, (1975), señalan que pertenece a la unidad morfotectónica VII, que incluye los litorales de Sonora, Sinaloa y Nayarit.

El perfil batimétrico indica que toda la laguna es prácticamente somera, con una profundidad media de 2.5 m, con una profundidad mayor en la zona de bocas de

la laguna conocidas como boca de Ajoro (sur) en 9.5 m y boca de Vasiquilla (norte) en 11.0 m (Magaña-Álvarez, 2004; Escobedo-Urías *et al.*, 2007). El flujo de corrientes presenta una diferencia marcada de acuerdo a las corrientes del viento, lo que conlleva a un flujo de mareas, con mareas bajas y mareas altas de las cuales depende el flujo y reflujos de las mareas desde la bahía hasta la zona marina y viceversa, a través de ambas bocas.

La marea es de tipo mixta semidiurna, la salinidad anualmente varía de 30 a 40 ups, con máximas durante el verano y las mínimas en invierno, cercanamente a la zona costera de la bahía, la salinidad se ve influenciada por los drenajes de la región (Escobedo-Urías *et al.*, 2001; Quiroz Del Campo, 2014).

El clima de la región, según la clasificación de Köppen, modificado por García (1973) se encuentra clasificado como del tipo BW (h´) hw (e) que corresponde a un clima muy seco, cálido con temperatura media anual mayor de 22 °C. Además, se encuentra dentro de la región hidrológica número 10. La precipitación media anual es de 305.5 mm, siendo agosto y septiembre los meses en que se presenta el máximo de lluvias, con aproximadamente un tercio del promedio anual.

La vegetación circundante está representada por las especies de mangle (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicenia germinans*). Estas mismas plantas se extienden hasta algunas islas de la bahía, en combinación con otras halófitas de tipo matorral. La vegetación subacuática es escasa, la cual está

representada por macroalgas (Ochoa-Izaguirre *et al.*, 2007), así como pastos marinos (zona marina).

7.- MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron colectas de organismos en la zona intermareal de las islas La Ventana, Guasayeye y San Lucas de la bahía Navachiste, durante cada marea viva, tanto en luna nueva como llena. Las recolectas de los organismos se realizaron durante la noche, ya que en ese tiempo, generalmente los cangrejos reducen su actividad y se facilita su captura.

7.1.- Estaciones de muestreo y recolecta de organismos

Se realizó una expedición de reconocimiento con carácter prospectivo en el área de estudio con la finalidad de identificar las condiciones de arribo a las islas, características topográficas, tiempo de exposición y área del litoral durante la oscilación de la marea. De esta manera, se establecieron las estrategias de recolecta apropiadas.

Con base al estudio prospectivo, se establecieron las estaciones de recolecta las cuales correspondieron a las estaciones por isla. Cada una de las estaciones fueron georeferenciadas mediante el uso de un GPS y se marcaron con una clave de ubicación sobre alguna superficie, preferentemente rocosa y muy cercana a la zona de muestreo, esto con la finalidad de obtener un punto exacto del lugar de muestreo; asimismo, se realizaron observaciones generales de cada zona.

7.2.- Diseño de muestreo

La colecta de ejemplares de *G. grapsus* se realizaron al azar y de manera directa, intentando una colecta de 30 ejemplares al menos en cada (isla?) y muestreo. Los ejemplares se depositaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas con la información de campo (Fecha, hora, isla y observaciones) y conservadas en hielo durante su transporte al Laboratorio de Langosta de la Facultad de Ciencias del Mar, UAS. La identificación taxonómica se realizó con base en la descripción de Rathbun (1918) y su ubicación taxonómica con base en el arreglo propuesto por Ng *et al.*, (2008).

7.3.- Variables morfométricas

A cada uno de los ejemplares de *G. grapsus* se les midió la anchura (AN), longitud total (LT) y altura (AL) del caparazón en mm, con un vernier digital y se tomó el peso total (PT) en g con una balanza digital (Fig. 5).

Las medidas anteriores se tomaron de la siguiente manera:

(AN): La anchura total, correspondió a la distancia máxima lateral dorsal del cefalotórax del organismo.

(LT): La longitud total, se estimó como la distancia entre la porción media de la región frontal y la media posterior del cefalotórax.

(AL): La altura total, se determinó como la distancia máxima entre la región dorsal del cefalotórax y la región ventral del organismo.

(PT): El peso total, correspondió al peso del organismo en fresco.



Figura 5.- Variables morfométricas de a) anchura (AN), b) longitud total (LT), c) altura (AL) en mm y d) peso total (g) de *Grapsus grapsus*.

7.4. Análisis de datos

Los datos de AN y PT se agruparon en intervalos de 5mm y 5 g respectivamente par después construir los histogramas de frecuencia Asimismo, se identificaron los valores máximos, mínimos, y se estimó la media de cada una de las variables de talla y peso. Se comparó La estructura de tallas y pesos entre sexos utilizando la prueba t de student, para muestras no pareadas y de varianza similar.

7.4.1. Relaciones biométricas

Se estimaron las relaciones biométricas de LT-AN y LT-AL, mediante el modelo lineal ($y = a + bx$). Para las relaciones biometricas entre el PT-LT, PT-AN y PT-AL, se utilizó la ecuación potencial ($y = ax^b$) (Ricker, 1975).

Donde:

y= Longitud total en el modelo lineal y Peso total en el modelo potencial.

a= Ordenada al origen

b= pendiente de la regresión

x= Ancho y altura del cefalotórax en el modelo lineal y Longitud, ancho y altura del cefalotórax en el modelo potencial.

Para ajustar el modelo potencial se realizó una regresión lineal sobre el logaritmo natural de los datos. El método de ajuste fue por mínimos cuadrados.

7.4.2. Coeficiente de alometría

Este análisis se desarrolló por sexos separados. Los datos de LT, AN, AL y PT se transformaron por su logaritmo y entonces se ajustó cada uno de los siguientes cinco modelos candidatos:

Lineal (L), Cuadrático (Q), Cúbico (C), Rama rota (BS) y dos segmentos (TS) cuya función se describe en la Tabla 2. En todos los casos X es AN, mientras que Y es LT, AL o PT, dependiendo de cuál de esas dimensiones se analiza su relación alométrica respecto al ancho del cefalotórax. Las relaciones alométricas entonces fueron LT (Y) vs AN (X), AL(Y), vs AN(X) y PT(Y) vs (AN).

Tabla 2.- Modelos candidatos.

Modelo	Abreviatura	Parámetros (K)	Función
Lineal	L	3	$\widehat{\text{Log}Y} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{Ln}X$
Cuadrático	Q	4	$\widehat{\text{Log}Y} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{Ln}X + \beta_2 * (\text{Ln}X)^2$
Cúbico	C	5	$\widehat{\text{Log}Y} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{Ln}X + \beta_2 * (\text{Ln}X)^2 + \beta_3(\text{Ln}X)^3$
Rama Rota	BS	5	$\widehat{\text{Log}Y} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{Ln}X, \quad \text{para } X \leq B$ $\widehat{\text{Log}Y} = \alpha_1 + (\beta_1 - \beta_2) * \text{Ln}B + \beta_2 \text{Ln}X,$ $\text{para } X > B$
Dos segmentos	TS	6	$\widehat{\text{Log}Y} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{Ln}X, \quad \text{para } X \leq B$ $\widehat{\text{Log}Y} = \alpha_2 + \beta_2 * \text{Ln}X, \quad \text{para } X > B$

El modelo lineal asume que el coeficiente de alometría no cambia a medida que el tamaño corporal aumenta (representado en este caso por el ancho del cefalotórax, o AN). El modelo cuadrático (Q) y cúbico (C) asumen que el coeficiente de alometría (β) experimenta un cambio continuo a medida que crece el organismo, y

se estima con $\beta = \beta_1 + 2\beta_2 \ln(x)$ en el modelo Q y $\beta = \beta_1 + 2\beta_2 \ln(x) + 3\beta_3 \ln(x)^2$, en el modelo C.

En cambio, los modelos BS y TS suponen que el coeficiente de alometría toma valores constantes, generalmente distintos, β_1 y β_2 , antes y después del punto de inflexión ($X = B$).

Cada uno de los modelos candidatos fueron ajustados por máxima logverosimilitud

a los datos, usando la función $LL = -\frac{n}{2} \left[\ln(2\pi) + 2 * LN \left(\sqrt{\frac{\sum(o-e)^2}{n}} \right) + 1 \right]$

Donde o es el logaritmo del dato observado (LT, AL o PT) y e el valor estimado por alguno de los modelos candidatos (Tabla 3). Para cada análisis alométrico se eligió el mejor modelo con base al menor índice de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc) (Akaike, 1973; Burnham y Anderson, 2002).

$$AICc = 2 * (LL - K) + \frac{2K(K + 1)}{n - K - 1}$$

Para conocer la plausibilidad de cada modelo candidato (i) se estimó también su respectivo peso del criterio de Akaike (W_i) (Akaike, 1983; Buckland *et al.*, 1997; Burnham y Anderson, 2002):

$$W_i = \frac{e^{[0.5*(AICc_i - AICc_{min})]}}{\sum_{i=1}^v e^{[0.5*(AICc_i - AICc_{min})]}}$$

Donde AIC_{\min} se refiere al menor índice de Akaike obtenido por alguno de los modelos candidatos i , mientras que ν se refiere al número de modelos candidatos usados; en este caso cinco. Cuando el modelo con el menor AICc no alcanza un W_i mayor de ≈ 0.90 (verdadero ganador) se recomienda utilizar entonces un modelo promedio, el cual se obtiene por:

$$\hat{Y} = \sum_{i=1}^{\nu} \hat{Y}_i$$

Donde \hat{Y}_i es la respuesta estimada por cada modelo candidato i para un valor dado de la variable independiente; AN y \hat{Y} es la respuesta promedio de los ν modelos candidatos. Esta misma función se usó también para estimar el coeficiente de alometría promedio cuando no se obtuvo algún modelo candidato verdadero ganador.

Tabla 3.- Fórmulas del Criterio de Akaike.

1. Log-verosimilitud	$Ln(L) = -\frac{n}{2}[Ln(2\pi) + 2Ln(\hat{\sigma}) + 1]$
2. AIC (Criterio de Akaike)	$AIC = -2Ln(L) + 2k$
3. AICc (Criterio de 2do orden de Akaike, con ajuste para muestras pequeñas)	$AIC_c = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}$
4. W_i (Peso del Criterio de Akaike)	$W_i = \frac{e^{(-0.5\Delta_i)}}{\sum_{k=1}^5 e^{(-0.5\Delta_k)}}$
5. Predicción del modelo promedio	$\hat{Y} = \sum_{i=1}^5 W_i \hat{Y}_i$

7.4.- Hembras ovígeras y no ovígeras y fases embrionarias en hembras

Para las hembras ovígeras, se estimó el porcentaje de cada fase de madurez del desarrollo embrionario, dependiendo del color de los huevecillos, los cuales correspondieron a cigotos “naranja”, “naranja rojo”, “café claro” y “café oscuro”. Esta diferenciación fue de acuerdo a lo observado en el desarrollo de los embriones (Arzola-González *et al.*, 2007; Freire *et al.*, 2010; Clores y Ramos, 2013).

7.5.- Proporción de sexos y talla de primera madurez sexual

En los adultos, los sexos se diferenciaron por la forma del abdomen, ya que los machos presentan un abdomen estrecho y en las hembras, éste es ancho hasta cubrir la mayor parte del esternón y lo utilizan para alojar los huevecillos. En los ejemplares juveniles, las hembras se diferenciaron por presentar pleópodos birrámeos, mientras que los machos presentan solamente un par de pleópodos modificados en estructuras peneanas.

Se estimó la proporción de sexos y la proporción de hembras ovígeras y no ovígeras por muestreo e isla. Además, para las poblaciones de hembras se registró la talla de primera madurez sexual en anchura ($AN_{50\%}$) mediante el modelo logístico, para lo cual, se utilizaron a las hembras (inmaduras y maduras – gónadas-) por cada intervalo de talla.

7.6.- Fecundidad

Para la estimación de la fecundidad de *G. grapsus*, se extrajo la masa ovígera de cada hembra, posteriormente se colocaron en charolas de aluminio previamente pesadas y se obtuvo su peso fresco. Después se colocaron las masas ovígeras en un horno (previamente calibrado) a una temperatura de 50 °C por 30 minutos, dentro de este tiempo se homogenizaron constantemente los huevecillos en las cajas de Petri, de tal forma que el secado de los huevos fuera completo y homogéneo y en su totalidad.

Una vez secos los huevecillos, se pesaron nuevamente para determinar el peso seco de la masa ovígera. Para obtener el peso seco íntegro de los huevecillos, se le restó el peso de la charola de aluminio, después se obtuvieron tres submuestras de 0.001 g al azar de cada masa ovígera y se depositaron por separado en tres cajas de Petri, luego se contaron la totalidad de huevos por caja con un microscopio estereoscópico. Una vez obtenida la cantidad de huevos en cada submuestra, se obtuvo el promedio de huevos para las tres lecturas de las submuestras, y se extrapoló al peso seco total de la masa ovígera por cada hembra.

7.7.- Crecimiento

Antes de estimar el crecimiento se realizó un análisis de frecuencias de tallas (AN) a través de un modelo Multinomial, para identificar los grupos de tallas presentes

(Hadon, 2001; Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012), asumiendo que cada grupo corresponde a una edad diferente, y por tanto se le denomina cohorte.

Para la estimación del crecimiento se utilizó como modelos candidatos cinco casos del modelo de Schnute (Schnute, 1981), modificado por Montgomery *et al.* (2010), donde se incluyó un caso especial cuando $b=1$ que resulta equivalente al modelo de Von Bertalanffy y si el parámetro γ resulta positivo (Von Bertalanffy, 1976). La modificación de Montgomery *et al.* (2010), consistió en una serie de tiempos de cohortes, que se identificaron por el análisis de frecuencias. Además, se corroboró con el mejor índice de Akaike y con la plausibilidad (ω_i). Los modelos candidatos fueron:

Caso 1, donde K y γ es diferente de 0

$$Lt_2 = [Lt_1^\gamma e^{-k\Delta t} + \varepsilon^\gamma (1 - e^{-k\Delta t})]^\frac{1}{\gamma}$$

Caso 2, donde K es diferente de 0 y γ es diferente de 0

$$Lt_2 = \exp[\ln(Lt_1)e^{-k\Delta t} + \ln(\varepsilon)(1 - e^{-k\Delta t})]$$

Caso 3, donde k es igual a 0 y γ es diferente de 0

$$Lt_2 = [Lt_1^\gamma + \varepsilon\Delta t]^\frac{1}{\gamma}$$

Caso 4, donde K y γ son igual a 0

$$Lt_2 = Lt_1 \varepsilon^{\Delta t}$$

Caso 5, donde K es diferente de 0 y γ es igual a 1

$$Lt_2 = [Lt_1 e^{-k\Delta t} + \varepsilon(1 - e^{-k\Delta t})]$$

Donde:

Y_1 y Y_2 : son la longitud media de un mismo grupo de edad al inicio y al final de un incremento de tiempo Δt (en unidades anuales) en cada progresión modal seleccionada.

Y : está relacionada al punto de inflexión de la curva de crecimiento sinoidal.

ε : en los casos uno, dos y tres, será una longitud máxima asintótica equivalente a L_α del modelo de von Bertalanffy.

7.8.- Análisis estadísticos

Los datos que se obtuvieron de las mediciones y peso de los ejemplares de *G. grapsus* que se recolectaron entre las islas, fueron capturados en una hoja de cálculo Excel. Se aplicaron las pruebas estadísticas de normalidad de Lilliefors y homoscedasticidad de Bartlett (Zar, 2009) mediante el paquete de análisis estadístico "Statistica", versión 5.1.

Dependiendo de los resultados de ambas pruebas, los datos del análisis de la estructura poblacional del cangrejo de roca entre las islas, fueron analizados mediante un ANAVA paramétrico o no paramétrico y al resultar significativos, se recurrió a pruebas de comparaciones múltiples de Dunns (Zar, 2009).

Los modelos de las relaciones biométricas tanto lineal como potencial, se ajustaron al método de mínimos cuadrados y se aplicó el coeficiente de correlación de Pearsons (Ricker, 1975), posteriormente se aplicó la prueba de “t” de Student para determinar la significancia de la pendiente (b), es decir, la relación entre la longitud y peso de los cangrejos.

Los datos de número de huevecillos de las hembras ovígeras, se analizaron mediante las pruebas de normalidad y homoscedasticidad. De acuerdo con los resultados que se obtuvieron, se aplicaron las pruebas de ANAVA correspondientes a una vía paramétrica o no paramétrica, y posteriormente se realizaron las pruebas de comparaciones múltiples de Dunns (Zar, 2009).

8.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

OBJETIVO: 5.2.1.- Describir las tallas morfométricas de *G. grapsus* en la bahía Navachiste.

Estructura de tallas

En total se recolectaron 198 organismos en las tres islas estudiadas, por las colectas es probablemente que la zona intermareal de las islas Guasayeye, San Lucas y La Ventana sea un hábitat importante para la población de *G. grapsus* (Fig. 6). Los organismos generalmente se colectaron por encima de las rocas o entre oquedades durante la noche, lo cual coincidió con Romero (2003). Al respecto, Gianuca y Vooren (2007) y Arzola-González *et al.*, (2010) señalaron que durante el día, los cangrejos de esta especie, por lo general se localizan por debajo de rocas y entre pozas de mareas para evitar la deshidratación. Asimismo Fernández-Sánchez (2012) indica que los cangrejos *G. grapsus* habitan entre grietas donde buscan refugio, sobre todo cuando el oleaje es intenso como señala Romero (2003). Sin embargo, en la bahía Navachiste, el oleaje es muy suave y la población del cangrejo de roca se puede observar hasta por encima de las rocas.

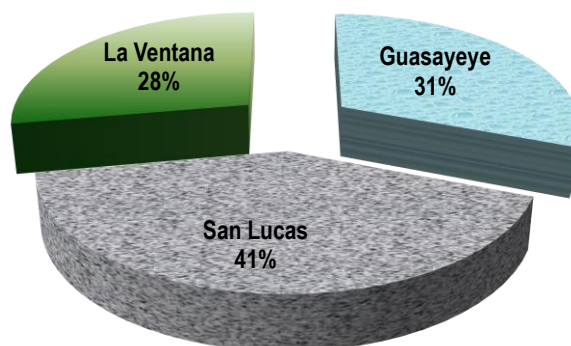


Figura 6.- Porcentajes de captura de *Grapsus grapsus* en la zona intermareal en las islas de la bahía de Navachiste.

Autores como Romero (2003) y Fernández-Sánchez (2012) han reportado que *G. grapsus* habita en pequeños grupos de individuos de esta especie, esto permite que los cangrejos de roca eviten enfrentamientos y el consecuente desgaste energético mediante quizás el establecimiento de relaciones de dominancia que incluso pueden formar parte de una jerarquía social (Chase *et al.*, 2002).

Algunos autores como Peñuelas-Román (2002) y Gutiérrez-Rubio *et al.* (2018) han señalado que *G. grapsus*, es una especie abundante en la zona intermareal de las islas Lobos, Venados y Pájaros, lo cual coincidió con el presente estudio en las islas de la bahía de Navachiste. Aunque, otros autores como Beltrán-Lizárraga y Arce-Rodríguez (2006) han indicado que dicha especie es poco abundante y poco frecuente en la zona intermareal de algunas islas de la bahía de Navachiste, ubicada al norte Sinaloa.

Estos últimos autores, han considerado al cangrejo roca en Navachiste como una especie poco abundante y poco frecuente dentro de la comunidad de crustáceos intermareales, sin embargo, poco, no es un dato poblacional relevante porque no permite visualizar a *G. grapsus* dentro de las islas, el número de cangrejos colectados no solo permite explorar los principales aspectos poblacionales, sino que se procuró no extraer muchos organismos para su análisis posterior en el laboratorio.

Del total de organismos que se recolectaron, 106 fueron hembras y 92 correspondieron a machos. Por islas, en general las hembras siempre se recolectaron aproximadamente en 10 organismos más que los machos. Sin embargo, no se observó entre las tres islas una marcada diferenciación en las recolectas de los cangrejos entre los machos y las hembras, ya que solamente se obtuvo una diferenciación por sexo en *G. grapsus* del 8 % entre las islas de la bahía de Navachiste (Fig. 7). La proporción sexual H:M fue de 1.15:1.

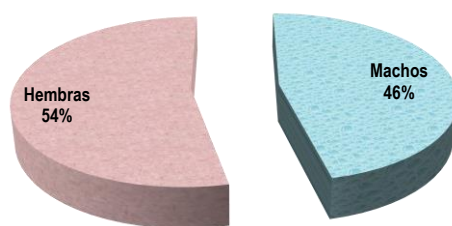


Figura 7.- Porcentajes de captura de hembras y machos de *Grapsus grapsus* en la zona intermareal de las islas de la bahía de Navachiste.

Estos resultados que se han obtenido en los porcentajes por sexo de *G. grapsus* en las colectas entre las islas, es importante porque podría ser utilizado como un argumento biológico de que la población aún no ha sido afectada drásticamente por las constantes capturas entre machos y hembras de los cangrejos por los pescadores de la bahía Navachiste, lo que evidencia que los pescadores no presentan una preferencia sexual en la extracción del cangrejo de roca en la bahía, resultando entonces que para su captura le es indiferente si el cangrejo roca resulta hembra o macho, que los porcentajes entre sexos se encuentran alrededor del 50 %.

Esto coincidió con lo reportado por Freire *et al.*, (2010) en *G. grapsus* y Clores y Ramos (2013) en *G. tenuicrustatus* (H:M=1.13:1) al indicar en ambas especies porcentajes sexuales similares a las aquí encontradas, esto autores señalaron que al no encontrar evidencias de captura con tendencia hacia algún sexo, esto asegura que la población puede mantenerse a través del tiempo, asegurando la probabilidad de reproducción. Lo anterior, si se observa en algunas especies de crustáceos decápodos con interés comercial como las jaibas del género *Callinectes* (Rivera-Velázquez, 2019; Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012, 2018), langostas *Panulirus* (Arzola-González *et al.*, 2007, 2011) y langostinos *Macrobrachium* (Aya-Baquero y Velasco-Santamaría, 2013), donde por lo general

los pescadores del litoral costero, prefieren capturar machos que hembras, ya que los primeros alcanzan mayores tallas.

El no encontrar diferencias en los porcentajes de captura entre hembras y machos del cangrejo *G. grapsus* en la bahía Navachiste, es importante debido a que una diferencia aquí presentada en la proporción sexual en cuanto a su abundancia y distribución, podría ser consecuencia de proporciones desequilibradas entre sexos en los crustáceos (Johnson, 2003) y en particular *G. tenuicrustatus* (Ciores y Ramos, 2013), es evidente que el cangrejo roca en esta zona aún no presenta una diferenciación en la proporción sexual y por lo tanto su población es homogénea en esta laguna costera. Además, se observó que el comportamiento fisiológico de los organismos en el intermareal de las islas (La Ventana, Guasayeye y San Lucas) fue conductualmente homeostático, presentando una proporción de hembras-machos de 1.15:1 o con un sesgo levemente de hembras sobre machos de *G. grapsus* en esta zona.

El no resultar con una porcentaje de hembras-machos desproporcionado, quizás sea debido a que las condiciones hidrológicas no son muy variables en la bahía Navachiste, principalmente por la presencia de dos aberturas (Ajoro -norte- y Vasiquilla –sur-) que comunican constantemente con el ambiente marino, no así, en aquellos ecosistemas donde se presentan una marcada fluctuación hidrológica, y por lo general, se observa una mayor presencia de hembras, como resultado de

maximizar su evolución reproductiva potencial, debido a la selección de captura desigual entre machos y hembras (Clores y Ramos, 2013).

De la población de cangrejos colectados, el organismo más grande en AN, LT, y AL se registró en 69.26 (AN), 61.09 (LT), 35.43 (AL) mm y en peso de 137.5 g. Mientras, que los menores valores se ubicaron en organismos con tallas de AN, LT, AL y PT, en 9.34, 8.41, 3.99 mm y 0.5 g, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4.- Valores totales de máxima, mínima, promedio y desviación estándar de AN, LT, AL (mm) y PT (g) de *Grapsus grapsus* en la bahía Navachiste.

	AN	LT	AL	PT
Máxima	69.26	61.09	35.43	137.5
Mínima	9.34	8.41	3.99	0.5
Promedio	18.03	14.60	8.09	4.94
Desviación estándar (\pm)	8.39	7.42	4.53	13.75

Los datos obtenidos de la anchura fueron menores a los reportados por Brusca (1980) para cangrejos *G. grapsus*, quien indicó organismos entre 40 a 90 mm de anchura del cefalotórax, aunque, este autor recolectó mayores tallas de los cangrejos en la zona intermareal del Golfo de California, de tal forma que los aquí señalados en el presente estudio corresponden a una zona de recolecta muy específica (islas de la bahía de Navachsite), quizás por ello, la diferencia en las tallas observadas sean mayores a las de esta investigación.

Sin embargo, cuando se analizaron las tallas por islas, los resultados de los promedios de AN entre las islas presentaron una variación máxima y mínima en 69.26 (isla San Lucas) y 9.34 mm (isla Guasayeye), mientras que los pesos coincidieron en la máxima y mínima en 137.5 (isla San Lucas) y 0.5 g en la isla Guasayeye (Tabla 5). Estos valores se ubicaron por debajo de las tallas registradas por Gutiérrez *et al.* (2018) en las islas Lobos, Venados y Pájaros de la bahía de Mazatlán (AN=74.49, LT=66.06, y AL=31.72 mm). Cuando se analizaron los datos de AN y PT entre sexos, no se encontraron diferencias significativas entre ambas variables al comparar las tallas y pesos de los machos y hembras (prueba *t*-Student, $P < 0.05$).

Tabla 5.- Valores de máxima, mínima, moda, promedio y desviación estándar de AN, LT, AL (mm) y PT (g) de *Grapsus grapsus* por islas: Guasayeye, San Lucas y La Ventana.

	GUASAYEYE			
	AN	LT	AL	PT
Máxima	45.45	36.58	21.7 3	27.1
Mínima	9.34	8.43	3.99	0.5
Moda	15.66	10.71	6.65	1.9
Promedio	16.19 _a	13.0	7.02	2.20 _a
Desviación estándar	4.95	3.39	2.37	3.35
	SAN LUCAS			
Máxima	69.26	61.09	35.4 3	137.5
Mínima	13.1	10.76	5.9	0.8
Moda	16.36	12.09	5.2	0.9
Promedio	17.46 _a	14.20	7.43	2.85 _a
Desviación estándar	6.17	4.87	2.17	2.89
	LA VENTANA			
Máxima	20.21	15.69	8.83	3.1

Mínima	10.64	8.41	4.41	0.6
Moda	15.01	9.52	*	1.2
Promedio	14.87 _a	11.80	6.36	1.51 _a
Desviación estándar	2.29	1.82	1.07	0.59

Los resultados obtenidos en el presente estudio para las tallas en promedio de AN y PT, coincidieron a los presentados por Arzola-González (2010), pero muy por debajo de Gutiérrez-Rubio *et al.*, (2018). Los datos del promedio y la moda rara vez coinciden con en el análisis pesquero de algún recurso como en el presente. Sin embargo, es necesario considerar cualquiera de ambas variables morfométricas (promedio o moda), siempre y cuando se relacione lo más posible a las condiciones de la población para las próximas investigaciones.

Los datos de AN (mm) de los cangrejos entre las islas no registraron una distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $P < 0.05$). Al no cumplir con las condiciones de normalidad, no fue necesario la prueba de homoscedasticidad (Zar, 2009). Posteriormente, se procedió con el análisis de varianza por una vía no paramétrica (prueba de Kruskal-Wallis por rangos), donde las AN de *G. grapsus* no registraron una diferencia significativa entre las islas Guasayeye, San Lucas y La Ventana (Kruskal-Wallis, $P = 0.0001$).

Para fines comparativos con estudios posteriores de *G. grapsus*, se analizaron también estadísticamente los datos del PT (g) entre las islas, resultando que no presentaron una distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $P < 0.05$, a excepción

de la isla La Ventana, Kolmogorov-Smirnov, $P > 0.05$). Al no cumplir con las condiciones de normalidad se omitió la prueba de homoscedasticidad, decidiéndose por un análisis de varianza no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis por rangos), resultando que no existen diferencias significativas de PT entre las islas (Kruskal-Wallis, $P < 0.0001$).

Es probable que al no encontrar diferencias estadísticas entre las tallas y el peso del cangrejo roca, esté relacionado con cuestiones geográficas de las tres islas, porque las islas se ubican cercanamente dentro de la bahía Navachiste, de tal forma que la población de cangrejos no presenten diferencias en sus tallas y pesos entre los organismos, y muy probablemente corresponda a una población de *G. grapsus* en toda la bahía de Navachiste.

La figura 8 muestra los histogramas de frecuencia para el total de organismos en LT y PT, utilizando un intervalo de clase de 0.5 mm y de 0.5 g, respectivamente, estos intervalos fueron utilizados de manera arbitraria y sin ninguna premisa biológica o estadística, sin embargo de manera general en estudios biológicos pesqueros normalmente se han utilizado los 5 mm y 0.5 g (Sparre y Venema, 1997). Se observó en LT la mayor moda a los 12.5 mm, con una variación máxima modal entre los 10 y 14.5 mm, mientras en PT, las modas se ubicaron entre 0.5 y 4.0 g.

Lo anterior, significa que los organismos crecen rápidamente en longitud pero más lento en su peso corporal, ya que por ejemplo, un organismo con una AN

aproximada de 14.0 mm, es decir la talla donde correspondió las mayores frecuencias de organismos en LT, su mayor moda en peso se ubicó en 3.5 g. Aunque, cangrejos más grandes de LT en 61.5 mm, alcanzan un PT aproximado de 120 g.

Este tipo de modelo (análisis de frecuencias de tallas), nos permite una mayor visualización de la estructura de tallas de los organismos y ha sido aplicado en especies de crustáceos decápodos para el análisis biológico pesquero del recurso, en cangrejos arañas (Peñuelas-Román, 2002), camarón (Montgomery *et al.*, 2010), en jaiba (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012), ya que en ocasiones no es posible estudiar a la población desde el punto de vista del promedio sino de su moda, sin embargo en el presente ambas variables estadísticas descriptivas no coincidieron.

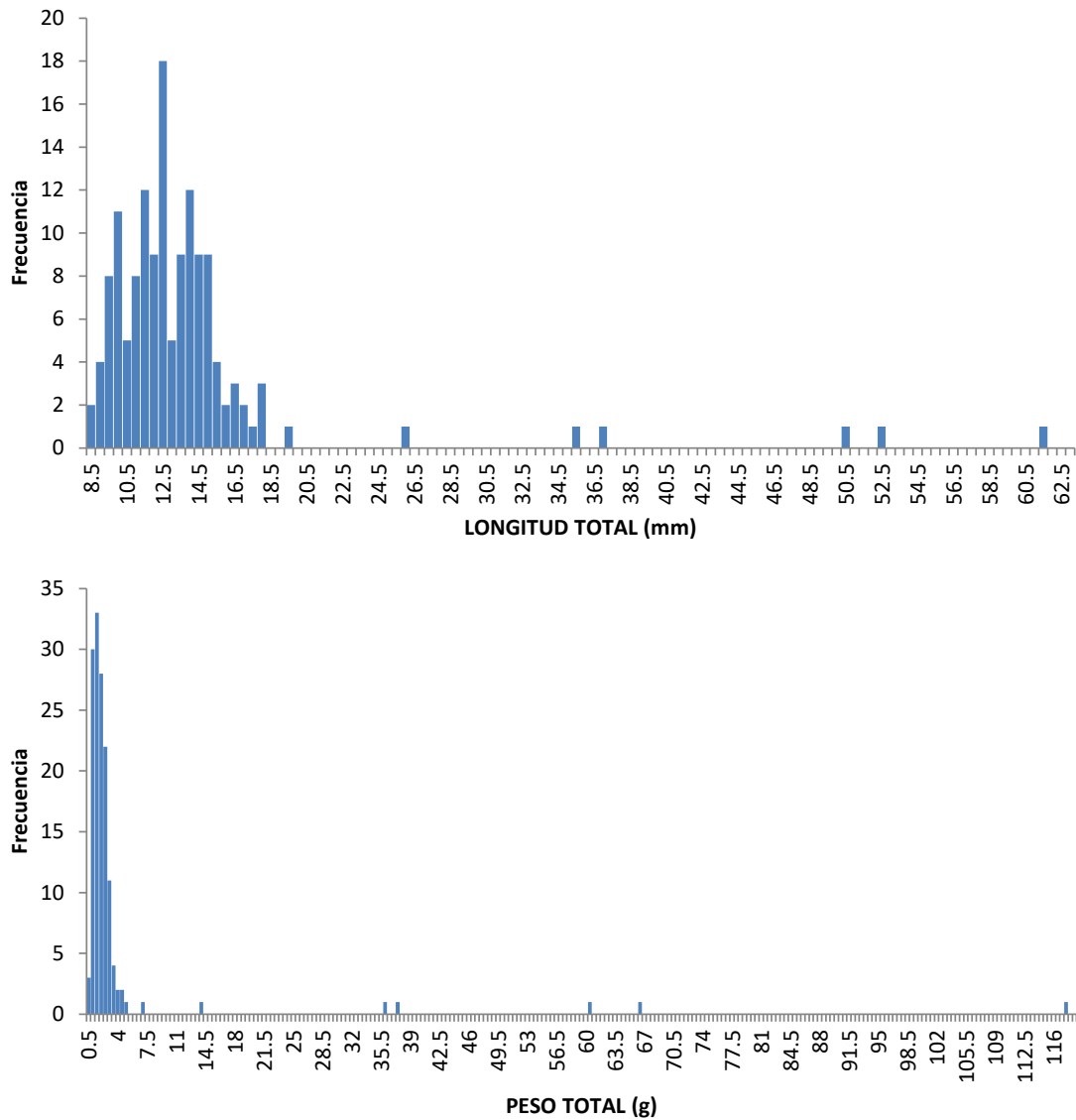


Figura 8.- Histogramas de frecuencia en LT (mm) y PT (g) en *Grapsus grapsus* en la bahía Navachiste.

Conclusiones

La zona intermareal de las islas donde habitan los organismos son preferentemente los sustratos rocosos por encima o sobre estos, además de

localizarse en pequeñas agregaciones entre uno y dos cangrejos. Las islas con mayor y menor predominancia por sus porcentajes de captura fueron las islas San Lucas y La Ventana, respectivamente.

La estructura de tallas presentó las máximas en AN y PT en 69.26 mm y 137.5 g. Las mínimas coincidieron en AN y PT en 9.34 mm y 0.5 g. Ambas tallas coincidieron en la isla San Lucas. Los promedios para el total de la población fueron de 18.03 (AN), 14.60 (LT) y 8.09 (AL) en mm y de 4.94 (PT) en g. Las tallas en AN y PT no registraron una diferencia significativa entre los organismos de los cangrejos de roca en las islas Guasayeye, San Lucas y La Ventana, por lo que se puede considerar como una sola población de cangrejos roca.

Por sexos, las tallas y pesos de AN y PT, no resultaron con diferencias estadísticas entre sexo, aunque con frecuencia en las captura del cangrejo roca los machos alcanzaron las mayores tallas y pesos que las hembras.

OBJETIVO: 5.2.2.- Analizar las relaciones biométricas entre la longitud y el peso de los organismos.

Relaciones biométricas

Las relaciones biométricas por sexo entre las diferentes dimensiones corporales y entre estas y el peso de los ejemplares de *G. grapsus* se muestran en la tabla 6. Los coeficientes de determinación R^2 resultaron mayores a 0.97, que indica la proporción de variación en la variable dependiente que es explicada por la variable independiente. Lo cual quiere decir que en todas las relaciones biométricas menos de 3 % de la variación en la variable dependiente se debe a otras causas diferente a la variación en la dimensión de la variable independiente, lo que sugiere una buena función para estimar una dimensión respecto a otra. Mientras que para el total, las ecuaciones resultantes se muestran en la figura 9.

En las relaciones biométricas de una dimensión lineal con el peso, los exponentes fueron menor de 3.0 en ambos sexos y la prueba t indico que en todos los casos la diferencia del exponente respecto a 3 fue no significativa, lo que implica que el crecimiento del peso respecto a cualquiera de las dimensiones lineales del cuerpo es del tipo alométrica negativa, lo que implica que es más rápido el incremento en talla (en cualquier dimensión) que en peso del organismo (von Bertalanffy, 1976, Balinsky, 1983, Margalef, 2005).

Tabla.- 6.- Ecuaciones de relaciones biométricas entre longitudes y longitudes y peso por sexo y coeficiente de determinación (R^2) de *G. grapsus* en la bahía Navachiste.

Sexo	Relación biométrica	R^2
Hembras	$LT = -1.4912 + 0.8855 * AN$	0.992
	$AN = 1.8127 + 1.1204 * LT$	0.992
	$AL = 1.5759 + 0.535 * AN$	0.99
	$AN = 3.0935 + 1.8506 * AL$	0.99
	$PT = 0.0006 AN^{2.8995}$	0.975
	$PT = 0.0016 LT^{2.87592}$	0.994
	$PT = 0.0136 LT^{2.5101}$	0.978
Machos	$LT = -1.0296 + 0.8754 * AN$	0.994
	$AN = 1.2833 + 1.1352 * LT$	0.994
	$AL = 1.6014 + 0.5389 * AN$	0.985
	$AN = 3.1942 + 1.8282 * AL$	0.985
	$PT = 0.0006 AN^{2.8975}$	0.997
	$PT = 0.0012 LT^{2.85}$	0.996
	$PT = 0.0124 AL^{2.566}$	0.991

Los altos coeficientes de determinación indican que las funciones biométricas aquí descritas son adecuadas para estimar una dimensión a partir de otra que se disponga en *G. grapsus*. Esto es importante toda vez que en cangrejos algunos autores pueden describir algunas características del organismo respecto al Ancho de cefalotórax, mientras que otros prefieren describirlos en relación a la longitud total, por ejemplo, en la talla de madurez. Así la comparación con las dimensiones

usadas por diferentes autores en localidades distintas es posible de comparar, calculando una dimensión con otra.

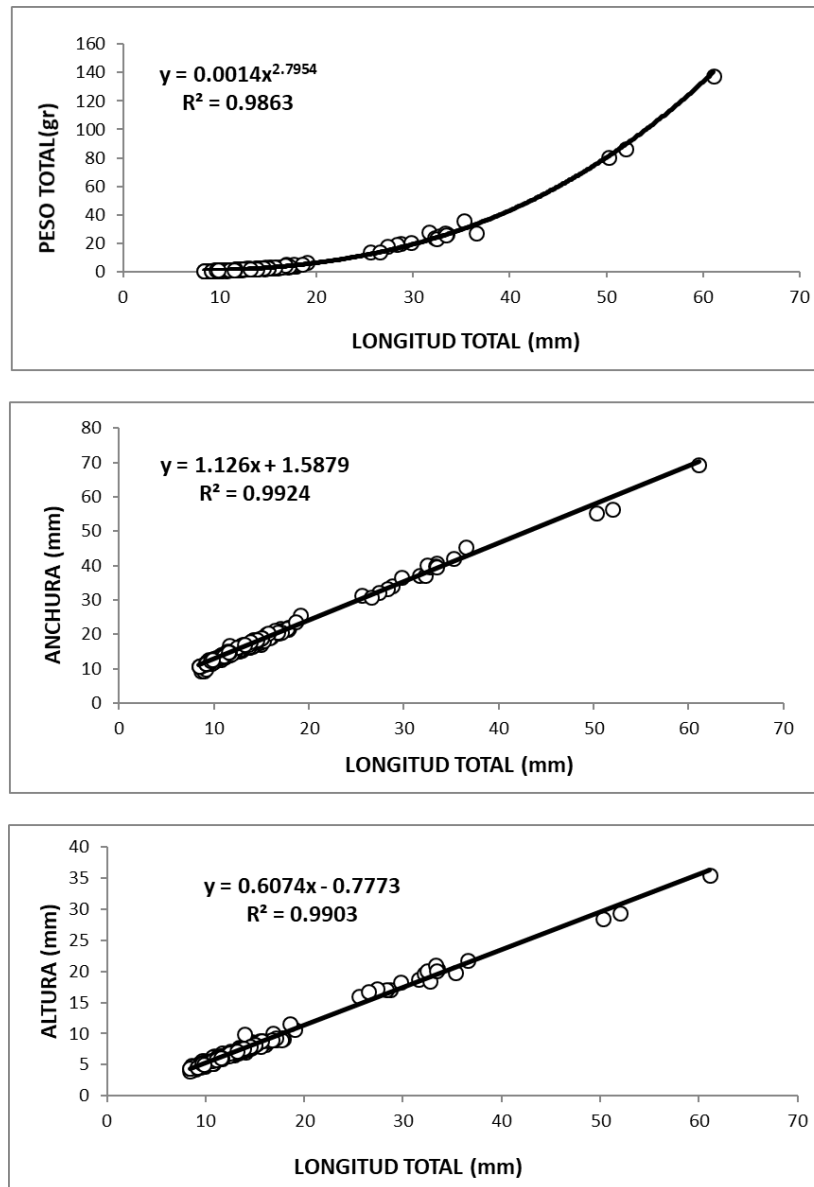


Figura 9.-Diagramas de dispersión entre LT, AL, AN y PT para el total de *Grapsus grapsus* en la zona intermareal de la bahía Navachiste.

Esta es la primera vez que se describen estas relaciones biométricas para la especie y son válidas para la localidad de Navachiste. Posiblemente en otras localidades estas relaciones pueden diferir por las características del hábitat donde se desarrollan. Por ejemplo aquí en Navachiste es una condición de laguna costera, muy productiva, pero con grandes cambios en salinidad, en cambio en otras localidades tradicionalmente se asocia esta especie a zonas rocosas de ambientes netamente marinos.

Conclusiones

Las relaciones biométricas entre las dimensiones lineales y de peso de *G. grapsus* son altamente confiables para estimar una dimensión a partir de otra, por el alto coeficiente de determinación que se observa. Las relaciones de peso con cualquier dimensión lineal del caparazón indican un crecimiento alométrico negativo del peso respecto al tamaño del cangrejo.

OBJETIVO. 5.2.3.- Estimar el coeficiente de alometría de la altura, largo y peso respecto al ancho del cefalotórax.

En la tabla 7 se muestran los parámetros de los modelos candidatos utilizados para la selección multimodelo de las relación alométricas de altura en relación con el ancho de cefalotórax de hembras y machos de *G. grapsus*. En las hembras el modelo ganador fue el de dos segmentos, pero no fue un verdadero ganador, porque su peso de Akaike fue menor de 90 %. En cambio, en machos si hubo un verdadero modelo ganador y fue el de dos segmentos.

Lo anterior indica que existen dos etapas en el crecimiento alométrico de la altura del cefalotórax con respecto al ancho de este en ambos sexos. Estas dos etapas son visibles en el comportamiento del coeficiente de alometría promedio con respecto a la talla que se muestra en la figura 10. En los cangrejos hembras menores de 25 mm de ancho de cefalotórax presentan un crecimiento alométrico positivo de la altura respecto al ancho de cefalotórax, asociado al grupo de tallas dominantes en la estructura (Fig. 10C); en las mismas hembras mayores de 25 mm de AN el coeficiente empieza a disminuir con la talla hacia un crecimiento de tipo isométrico.

El modelo lineal que considera que el coeficiente de alometría es constante, se ve que es dominado por la alometría de los ejemplares más pequeños y no detecta el cambio de aquellos mayores de 25 mm de AN. La poca utilidad del modelo lineal

tradicional en describir relaciones alométricas en crustáceos ya fue reportado por Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2018).

La interpretación de lo anterior, es que en las hembras crecen proporcionalmente más en altura que en ancho de cefalotórax hasta los 25 mm y después ese crecimiento proporcional va disminuyendo con la talla. Al alcanzar mayor altura en tallas pequeñas pero ya en la etapa madura (mayores de 12.08 mm de AN) puede ser una estrategia para soportar un incremento en la masa muscular y al mismo tiempo dar cabida a la gónada en las hembras, pero a mayor talla una reducción del crecimiento alométrico de la altura puede ser un efecto metabólico.

En los peces juveniles, un cambio en el crecimiento relativo está relacionado con el dominio de la hipertrofia o hiperplasia en el incremento de la masa de las fibras musculares (Weatherly y Gill, 1987; Johnson-Kingsey, 2004) pero en los crustáceos la mayor parte del incremento de la masa muscular se debe a la hipertrofia de las fibras musculares existentes (Jiménez-Kingsey, 2015). La hipertrofia conduce a un aumento en el diámetro y la longitud de la fibra, mientras que el número de fibras permanece casi constante (Jiménez *et al.*, 2008). El aumento de masa de fibra muscular a lo largo del tamaño o la edad es un desafío para la difusión de oxígeno disuelto (O_2), y macromoléculas como tRNA, mRNA y rRNA al interior de la fibra (Jiménez *et al.*, 2008; *et al.*, 2010). Para resolver esto, se producen varios procesos, como un incremento en el número de neuronas y núcleos durante la fibra (Jiménez y Kingsey, 2015). Este proceso no está

vinculado a la transición de juvenil a adulto y podría ocurrir en medio de ambas fases y modificar el crecimiento relativo. Variación de crecimiento en crustáceos puede explicarse por varios factores ambientales que influyen en el crecimiento, tales como; temperatura, suministro de alimentos, fotoperiodo y densidad (Chang *et al.*, 2012).

Tabla 7.- Parámetros de los modelos de las relaciones alométricas de Altura en relación con el ancho de cefalotórax e índices de información para la selección e inferencia multimodelo en machos y hembras de *G. grapsus*. En negritas los modelos que acumularon mas del 90% del peso de Akaike.

Sexo	Modelo	a1	a2	b1	b2	b3	B	n	σ	AIC	Δ AIC	Wi
Hembras	Lineal	-1.226		1.140				104	0.058	-290.241	1.324	23.908
	Cuadrático	-1.086		1.047	0.015			104	0.058	-288.366	3.199	9.363
	Cúbico	5.408		-5.544	2.221	-0.243		104	0.057	-289.389	2.177	15.611
	BS	-1.145		1.110	1.162		2.934	104	0.058	-287.013	4.552	4.760
	TS	-1.112	-0.420	1.097	0.921		3.007	104	0.056	-291.566	0.000	46.358
Machos	Lineal	-1.167		1.123				90	0.051	-273.062	25.301	0.000
	Cuadrático	0.042		0.290	0.142			90	0.047	-286.319	12.044	0.233
	Cúbico	-2.907		3.362	-0.912	0.119		90	0.047	-285.668	12.694	0.169
	BS	-0.949		1.043	1.389		3.207	90	0.045	-291.645	6.717	3.348
	TS	-1.041	-2.034	1.078	1.382		3.024	90	0.043	-298.362	0.000	96.250

En los machos la situación se presenta de manera inversa; los ejemplares menores de 20 mm de ancho de cefalotórax presentan una crecimiento alométrico positivo de la altura respecto al ancho de cefalotórax y en ejemplares mas grandes este crecimiento proporcional se acelera siendo aun mas alométrico positivo (Fig 10D) y también esta asociado con las tallas pequeñas dominantes.

En este caso el modelo lineal que no tuvo ningún soporte en los datos sugiere un crecimiento constante similar al de las tallas pequeñas como en el caso de las hembras, pero no es capaz de detectar el cambio en alometría de tallas mayores. Este tipo de crecimiento mas acelerado en altura que en ancho quizá sea una adaptación para alcanzar mayor masa muscular y estar en condiciones de competir por pareja, alimentos o defensa.

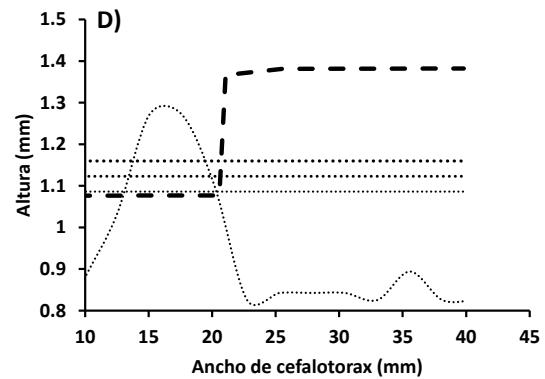
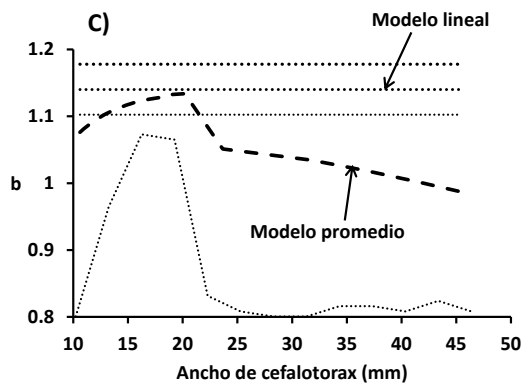
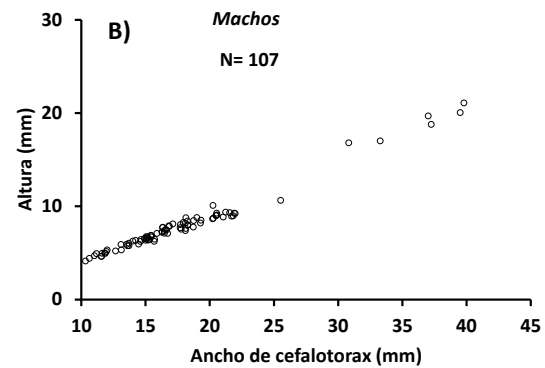
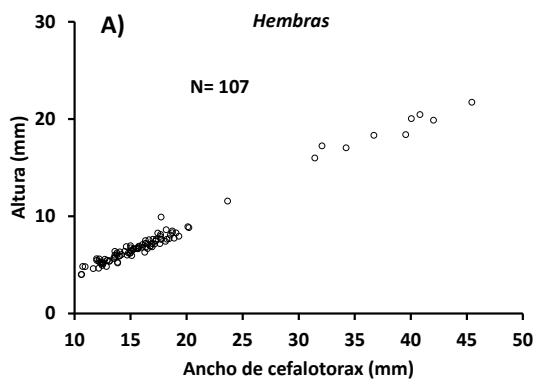


Figura 10.- Diagrama de dispersión de la altura en relación con el ancho de cefalotórax en *G. grapsus* y coeficientes de alometría. En línea punteada se muestra la estructura de talla.

Conclusiones

El modelo lineal no es adecuado para describir la relación alométrica de altura respecto al ancho del cefalotórax en *G. grapsus*. Tanto en hembras como en machos se definen dos etapas en esta relación alométrica.

En tallas chicas que son las dominantes se presenta un crecimiento proporcionalmente mayor en altura que en ancho del cefalotórax, pero en las hembras esta relación disminuye hacia tallas mayores, mientras que en los machos se incrementa.

OBJETIVO. 5.2.4.- Analizar el desarrollo embrionario en las hembras ovígeras.

Hembras ovígeras y no ovígeras

Al analizar los porcentajes de hembras ovígeras (Fig. 11) del total de hembras recolectadas (54 %), el 54.9 % correspondieron a hembras ovígeras y el restante 45.1 % a hembras no ovígeras. En especies del mismo género, el comportamiento fue ligeramente inverso, ya que en *G. tenuicrustatus* el 44.4 % fueron hembras ovígeras y 55.6 % a hembras no ovígeras. En esta zona no existen antecedentes que permitan comparar en la bahía Navachiste la proporción de hembras ovígeras y no ovígeras, siendo el presente estudio, el primer trabajo referente a hembras grávidas y no grávidas.

Estos porcentajes obtenidos de hembras ovígeras y no ovígeras de *G. grapsus* indica que en esta zona las hembras no necesariamente se ocultan en madrigueras para la incubación de los huevos como lo hacen algunas hembras de otros crustáceos decápodos como langostas *P. inflatus* y *P. gracilis* (Arzola-González *et al.*, 2007; 2011), jaibas *C. arcuatus* y *C. bellicosus* (Rivera-Velázquez (2019) y langostinos *Macrobrachium* (Aya-Baquero y Velasco-Santamaría, 2013). Lo anterior, debido a que quizás esta especie del cangrejo roca en esta zona aún no ha sido explotada a su máximo, aún y cuando su extracción es arbitraria y sin un control biológico.

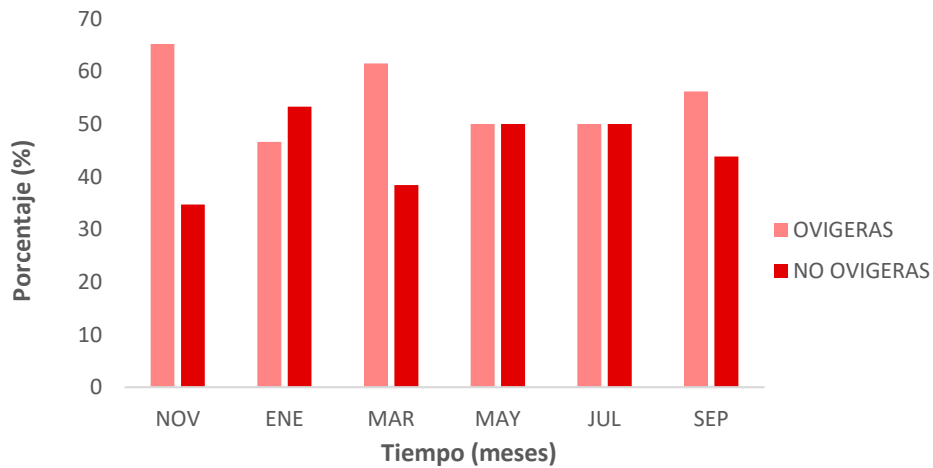


Figura 11.- Variación en los porcentajes de hembras ovígeras y no ovígeras de *Grapsus grapsus* en la zona intermareal de la bahía Navachiste.

El análisis de los porcentajes de hembras ovígeras, representan, entre otros factores, un elemento de decisión para determinar el inicio y término de la veda de un recurso. Es evidente que las hembras ovígeras fueron representativas durante todo el periodo, aunque se observan tres mayores periodos en septiembre, noviembre y marzo, mientras que en los meses de mayo y julio el porcentaje de recolecta coincidió con el 50 % con hembras no ovígeras. Sin embargo, de manera general se detectó ligeramente un periodo alterno con incremento y decremento en los porcentajes entre ambos grupos de hembras. Lo anterior, significa que las hembras del cangrejo roca constantemente se reproducen, ya que se detectaron hembras grávidas durante todo el periodo.

Algunos autores como Hernández-Reyes *et al.* (2001) han señalado en crustáceos que la temperatura del agua es un factor determinante en la variación en la captura de hembras ovígeras y no ovígeras. Respecto a los resultados obtenidos, estos mismos autores, determinaron para el cangrejo araña (*Mithrax forceps*) en la zona costera de Venezuela, que durante todo el año se localizan hembras ovígeras, lo cual coincidió con Hernández *et al.* (1992) en el sentido de que los cangrejos braquiuros para ambientes tropicales, tienden a reproducirse durante todo el año.

El comportamiento reproductivo de las hembras aquí observadas no coincidió con Boddeke *et al.* (1991) quienes señalaron en *C. crangon* que las hembras ovígeras durante el invierno disminuyeron su captura de ocurrencia y aumentaron sus colectas durante primavera y verano, ya que aquí prácticamente todo el año se recolectaron hembras grávidas, a excepción de invierno (enero) donde las hembras ovígeras se ubicaron por debajo del 50 %.

En algunos otros crustáceos decápodos, la proporción de captura de machos y hembras, está relacionado con la fase reproductiva de las hembras ovígeras y no ovígeras, de tal manera que por lo general durante el periodo de veda, las mayores capturas las sostienen los machos y las hembras no ovígeras como son en las jaibas: *C. arcuatus*, *C. toxotes* y *C. bellicosus* durante los meses de mayo a julio (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012; Diarte-Plata *et al.*, 2018). Mientras que para las langostas *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis*, se observa este

comportamiento reproductivo entre julio y noviembre (Arzola-González *et al.*, 2007), ambos para el noroeste de México.

Fases embrionarias

Es evidente que en *G. grapsus* todas las fases del proceso reproductivo fueron observadas en las hembras (Fig. 12). Además, para esta bahía Navachiste, este análisis del desarrollo de las fases embrionarias resulta el primer trabajo para el cangrejo roca.

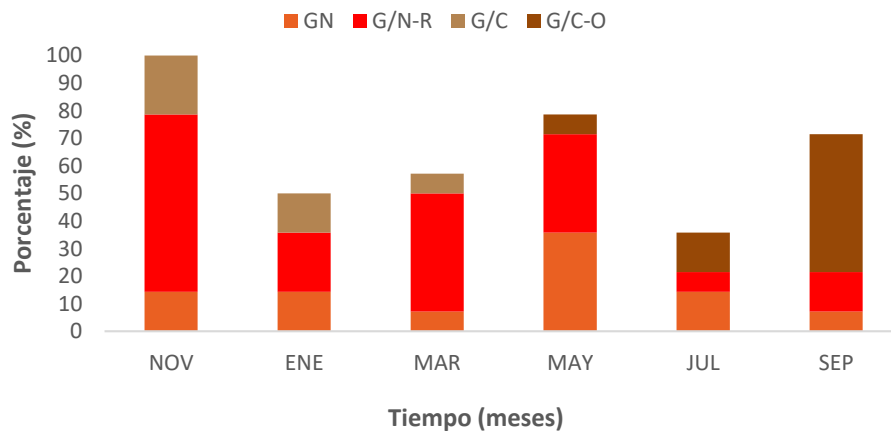


Figura 12.- Frecuencia de porcentajes de fases sexuales en hembras de *Grapsus grapsus* en la zona intermareal de la bahía Navachiste.

Durante el presente estudio, para las hembras grávidas de *G. grapsus* se identificaron de acuerdo a Gutiérrez-Rubio (2015) mediante su coloración de los huevecillos, se determinaron cuatro fases (grado de desarrollo embrionario) de las

cuales correspondieron a: hueva “naranja” (H-R), hueva “naranja rojo” (H/N-R), hueva “café claro” (H/C) y hueva “café oscuro” (H/C-O).

Al parecer se presentó un comportamiento en el seguimiento del desarrollo embrionario en la hembras grávidas, ya que las hembras con embriones fase “Café Claro” en los meses de noviembre y enero, continúan en mayo, julio y septiembre para las fases embrionarias “Café Oscuro”, es decir, las hembras ovígeras después del seguimiento en ovígera en fase “Naranja”-“Naranja Roja”-“Café Claro” y “Café Oscuro”, estas últimas empiezan a desovar, incrementándose el porcentaje de mayo a septiembre. Sin embargo, siempre se encontraron hembras en fase “Naranja”, lo que indica que probablemente se reproduzcan los cangrejos roca en todo el año para la bahía de Navachiste.

En general, en la bahía Navachiste las fases embrionarias más representativas en promedio fueron las etiquetadas con el color “Naranja-Rojo” con un porcentaje de 32.1 %, seguida por “Naranja” con una media de 23.1 %. Lo anterior, parece indicar que los huevos permanecen en fase “Naranja Rojo”, etapa de desarrollo por un mayor tiempo, no así en hembras de cangrejo roca en la bahía de Mazatlán por Gutiérrez-Rubio (2015) quien determinó una mayor representatividad de grávidas con fase denominada “Naranja Rojo”. Además, se consideró que los porcentajes de las hembras con huevos en ambas fases, representaron la mejor fecundidad real de *G. grapsus*.

Conclusiones

El mayor porcentaje fue hembras ovígeras con 54.9 % y el restante 45.1 % a hembras no ovígeras de *G. grapsus*. Mientras que, la fase embrionaria más representativa fue “Naranja-Rojo” con un porcentaje de 32.1 %, seguida por “Naranja” con una media de 23.1 %. Además, en esta zona no existen antecedentes que permitan comparar en la bahía Navachiste la proporción de hembras ovígeras y no ovígeras y para las fases embrionarias en el cangrejo roca. Siendo este estudio el primer análisis en estos aspectos reproductivos del cangrejo roca en la bahía Navachiste.

OBJETIVO: 5.2.5.- Estimar la talla de madurez sexual en hembras.**Talla de madurez sexual ($AN_{50\%}$)**

La talla de madurez sexual es considerada como la edad de maduración masiva en una población, es decir, la edad a la que proporción de ejemplares maduros (hembras o machos) supera el 50 % (Ragonese y Bianchini, 2014). La figura 13 muestra por sexo la talla de primera madurez sexual de *G. grapsus*, la cual correspondió en hembras a los 12.08 mm (Fig. 13a) y de 12.8 mm en machos (Fig. 13b) de anchura del cefalotórax. Estos valores coincidieron con el 50 % de la proporción de machos maduros y hembras maduras ($AN_{50\%}$) para la población del cangrejo roca recolectadas en la zona intermareal entre las islas de la bahía Navachiste.

La talla de madurez sexual por sexo de *G. grapsus* obtenida en la presente investigación, es el primer estudio de este tipo para esta zona, por lo que puede ser considerado base para estudios posteriores en el tema. En el Océano Atlántico, Freire *et al.* (2010) estimaron en hembras de la misma especie una talla de madurez morfológica muy distinta a la aquí reportada para la madurez sexual ($AN_{50\%}=33.4$ mm). La diferencia entre lo observado por Freire *et al.* (2010) podría atribuirse a que son dos poblaciones ubicadas a gran distancia y a diferente latitud. Sin embargo, este valor de Freire *et al.* (2010) si coincidió con Gutiérrez-Rubio (2015) para esta misma especie en una $AN_{50\%}=34.87$ mm.

Es posible que la diferencia muy marcada en ($AN_{50\%}$) para las hembras pudiera estar relacionada con los aspectos de salinidad y de la caracterización de la laguna costera de la bahía Navachiste, ya que la población de *G. grapsus* se distribuye mejor en la zona costera sobre el intermareal rocoso (Brusca, 1980; Hendrickx, *et al.*, 2005; Arzola-González *et al.*, 2010) que dentro de cuerpos estuarinos (Freire *et al.*, 2010) donde la salinidad varía constantemente durante el año (Sánchez-Lindoro *et al.*, 2017).

Es decir, la bahía Mazatlán, se caracteriza por ser una bahía totalmente costera con una total comunicación marina, mientras que la bahía Navachiste, se comunica con el mar a través de dos bocas (Ajoro y Basiquilla), mediante las cuales permite un reflujos de acuerdo a las mareas (Sánchez-Lindoro *et al.*, 2017). De acuerdo a estos autores, la boca de Ajoro cuenta con un diámetro de 2 km y Basiquilla en 1.5 km, mediante las cuales se realiza el intercambio de reflujos mareal entre la bahía y el Golfo de California e incluso la profundidad media de la bahía de Navachiste es de 2.5 m (Sánchez-Lindoro *et al.*, 2017).

Es importante considerar que la talla de madurez en *G. grapsus* depende de la periodicidad y el tiempo de su temporada reproductiva, así como de otros factores importantes como la temperatura, salinidad, la disponibilidad de alimentos, las precipitaciones, fotoperiodos y las fases lunares (Colpo y Negreiros-Franozo, 2003; Costa y Negreiros-Franozo, 2003; Clores y Ramos, 2003; Litulo, 2004), aunque en este estudio no fueron analizados estos factores. Además, Litulo (2004)

indicó en otros crustáceos como *Uca annulipes* que estos factores mencionados determinan el inicio reproductivo y la periodicidad.

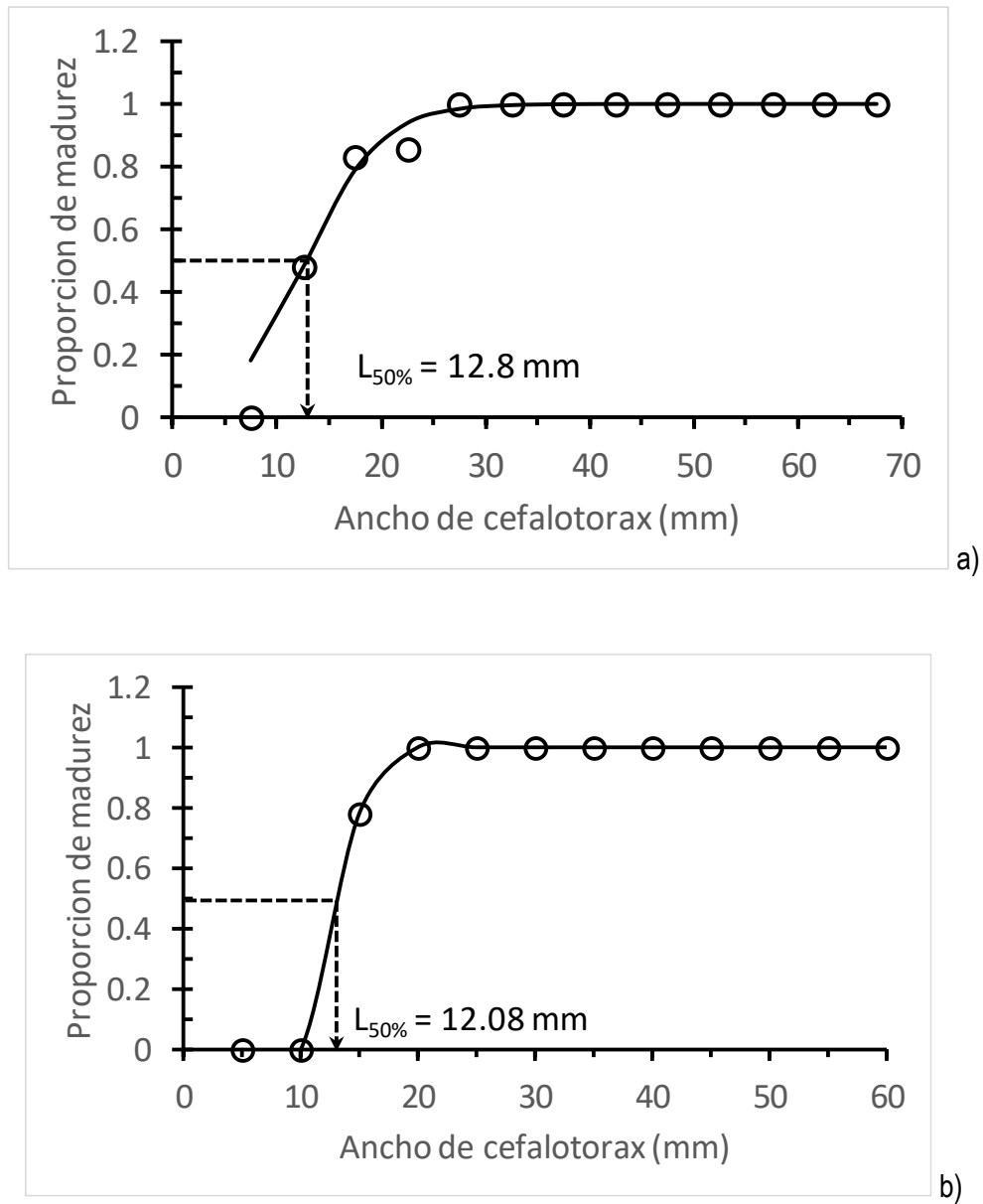


Figura 13.- Talla de madurez sexual ($AN_{50\%}$) en hembras (a) y machos (b) de *Grapsus grapsus* en la zona intermareal de la bahía Navachiste.

En otras especies de importancia ecológica o pesquera para cangrejos braquiuros, Sant y Pezzuto (2011) analizaron de la misma forma la talla de primera madurez sexual en *Chaceon notialis*, determinando tallas mínimas de madurez en las hembras de 69 y 97 mm de anchura del cefalotórax. Becerra *et al.*, (2013) determinaron la talla mínima de madurez en el cangrejo *Sesarma rectum*, en 22.97 mm de anchura del cefalotórax para una zona de manglar impactado al noreste de Brasil.

Por sexos, también se ha estimado la talla de madurez sexual en machos del grápsido *Perisesarma guttatum* por Flores *et al.* (2002) quienes estimaron tallas iniciales reproductivas entre 9.3 y 9.4 mm de anchura. Asimismo, Guerrero y Arana (2009) estimaron en machos de *Chaceon chilensis* una talla de madurez de 125 mm de anchura del cefalotórax. Aunque Ragonese y Bianchini (2014) señalaron que la talla de madurez de una hembra es mucho menor que la talla masiva de madurez sexual al 50 % de la población.

Por lo que se refiere a especies con mayores tallas y por lo tanto, con posibilidades de interés comercial, Severino-Rodríguez *et al.* (2013) registraron una talla mínima de captura en la jaiba *Callinectes sapidus* recolectados en las costas de Brasil de 103.3 mm de anchura. Estos autores, señalaron que la actividad reproductiva de esta especie se presenta a mayores tallas. En otros cangrejos de jaibas, pero para la bahía Santa María, Sinaloa; fue reportado por

Rivera-Velázquez (2019) en *Callinectes arcuatus* ($AN_{50\%} = 63.56$ mm) y en la bahía Tehuantepec, Oaxaca en $AN_{50\%} = 85.45$ mm.

Es importante, seguir analizando la talla de madurez sexual media por sexos de *G. grapsus*, ya que representa un especial interés por estar relacionada con la estrategia reproductiva de la población y con el conocimiento de su ciclo de vida, además de que es útil para determinar las tallas de captura, ya que la población puede ser llevada a la cancelación de la posibilidad de encontrar reproductores en un determinado 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 el cangrejo *M. forceps* (Hernández-Reyes *et al.*, 1991) y en el cangrejo roca *G. grapsus* por Freire *et al.* (2010), donde estos últimos autores indicaron que este desfase (machos: $AN_{50\%}=38.42$ mm y hembras: $AN_{50\%}=33.38$ mm) 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).

Conclusiones

La talla de madurez sexual de *G. grapsus*, correspondió en hembras a los 12.08 mm y de 12.8 mm en machos de anchura del cefalotórax. Estos valores coincidieron con el 50 % de la proporción de machos y hembras maduros ($AN_{50\%}$) para las población del cangrejo roca recolectadas en la zona intermareal de la bahía Navachiste.

Este resultado de la talla de madurez por sexo es importante porque determina la talla a la cual el 50 % de la población de machos y hembras del cangrejo roca son adultos sexualmente en la bahía Navachiste. Además, este estudio representa el primer análisis de la talla de primera madurez en *G. grapsus* en esta zona.

OBJETIVO: 5.2.6.-. Analizar la fecundidad de las hembras.**Fecundidad**

La estimación de la fecundidad en pesquerías es de especial interés en términos de la relación entre el potencial reproductivo de las especies y la capacidad de reclutamiento del stock poblacional. Además, representa el aspecto básico de la biología como estrategia reproductiva y evolución de la especie (Gutiérrez–Rubio *et al.*, 2020). La fecundidad representa el potencial reproductivo por hembra adulta para producir cigotos y posteriormente su desove al ambiente acuático (Bagenal, 1978; Escamilla-Montes *et al.*, 2013). La estimación de la fecundidad es un excelente parámetro para definir la capacidad futura de reclutamiento en diferentes especies de crustáceos o en poblaciones (Hattori y Pinheiro, 2001).

La estimación de fecundidad por hembra de *G. grapsus* resultó que la variación máxima y mínima coincidieron en isla San Lucas (Tabla 7). En esta isla, resultó la hembra con el mayor peso corporal (137.5 g) y del peso fresco de la hueva (2.5 g). Es evidente que la única hembra de mayor peso presentó la mayor fecundidad, la cual no coincide con el patrón general de número de cigotos por hembra, a excepción de esta hembra, todas las demás se ubicaron en una fecundidad promedio similar debido a las pequeñas tallas del cangrejo roca en las islas de la bahía Navachiste.

Tabla 8.- Máxima, mínima y media del peso total de hembra (PTH, en mm), peso fresco de la masa ovígera (PFMO, en g), peso seco de la masa ovígera (PSMO, en g) y fecundidad (FEC=número de cigotos) de *Grapsus grapsus* en la zona intermareal de la bahía Navachiste. Letras distintas significan diferencias.

Isla		PTH	PFMO	PSMO	FEC
Guasayeye	Máxima	8.6	0.169	0.063	16,135
	Mínima		0.024	0.006	648
	Media		0.069	0.023	4,201 _a
La Ventana	Máxima	8.3	0.070	0.018	2,800
	Mínima		0.011	0.003	519
	Media		0.038	0.011	1,326 _b
San Lucas	Máxima	87.5	2.505	0.845	122,287
	Mínima		0.014	0.004	511
	Media		0.551	0.161	22,208 _c

La relación entre las menores tallas corporales y una menor fecundidad como las observadas en las islas Guasayeye, La Ventana y San Lucas, con 648, 519 y 511 huevos, respectivamente, ha sido señalado en hembras de *G. grapsus* por Teschima *et al.* (2007) y en hembras de *Macrobrachium amazonicum* por Aya-Baquero y Velasco-Santamaría (2013), indicando en ambos estudios que existe una relación directa entre el tamaño de la hembra con la cantidad de huevos, como lo señalan en otros crustáceos decápodos (Mantelatto y Fransozo, 1997; Litulo, 2004).

La fecundidad aquí observada en las hembras fue muy por debajo de lo registrado por Teschima *et al.* (2007) para esta misma especie pero en hembras del Atlántico Occidental con una fecundidad promedio de 23,873 huevos por hembra, así como Gutiérrez-Rubio (2015) en hembras de *G. grapsus* con una media de 23,354.8

cigotos en las islas Lobos, Venados y Pájaros de bahía Mazatlán. Aunque los resultados aquí de la fecundidad se ubicaron similares en algunos casos a los reportados en hembras de *G. tenuicrustatus* con un rango de 4,400 a 26,4000 cigotos (Clores y Ramos, 2013). Es evidente que el tamaño del abdomen donde se localizan los pleópodos y donde se incuban los huevos de las hembras aquí registradas resultaron menores que las señaladas en estos dos últimos estudios.

En contraste, en cangrejos comerciales *C. arcuatus* y *C. bellicosus*, Escamilla-Montes (2013) estimaron valores promedio por encima del millón de cigotos por hembra, lo cual correspondieron a hembras con mayores tallas del cefalotórax y abdomen y por consiguiente una mayor incubación que *G. grapsus*. Sin embargo, Boddeke *et al.* (1991) indicaron que la fecundidad depende del tamaño de los ovocitos, ya que en el cangrejo *C. crangon* presentaron un tamaño de 0.2 a 0.3 mm, lo cual se reflejó con una alta fecundidad para este cangrejo decápodo. Aunque en este estudio no se determinó el tamaño de los ovocitos es probable que estos sean muy parecidos en su diámetro de acuerdo al tamaño y fecundidad promedio que registró *G. grapsus* en este estudio.

Algunos autores como Ramírez-Llodra (2002) y Clores y Ramos (2013) han indicado que las variaciones en la fecundidad por hembras están directamente relacionadas con el hecho de que una hembra esté o no realizando su primer desove. Aunque las variaciones en los diferentes estudios de fecundidad en crustáceos están relacionadas entre otros por las tallas de las hembras, con su

distribución latitudinal y con los hábitats (Teschima *et al.*, 2007; Guerrero y Arana, 2009; Freire *et al.*, 2010; Clores y Ramos, 2013). Además, Boddeke *et al.* (1991) señalaron que el tamaño de las gónadas de machos y hembras de otras especies de decápodos braquiuros, depende del sexo y del estadio de desarrollo, lo que probablemente esté relacionado con la fecundidad de acuerdo al tamaño del organismo como en este caso de *G. grapsus*.

Es evidente que en el presente estudio la fecundidad estuvo relacionada con la talla de la hembra de *G. grapsus* y de su localización de la isla dentro de la bahía Navachiste, esto de acuerdo a Litulo (2004) en otros crustáceos decápodos, donde señaló que la distribución de las poblaciones de una especie depende de su localización entre otros factores. Además, la actividad reproductiva de los crustáceos son el resultado de la interacción de factores endógenos y exógenos (Flores y Paula, 2002; Litulo, 2004).

Las hembras con mayor tamaño y por lo tanto con mayor número de cigotos correspondió a hembras colectadas en la isla San Lucas, la cual se ubica más alejada que las islas Guasayeye y La Ventana en la laguna de bahía Navachiste, es decir, prácticamente esta isla se localiza muy cerca de la boca de Vasiquilla (extremo sur), y quizás esto esté relacionado con el comportamiento de *G. grapsus* que se caracteriza por una mayor salinidad, a pesar de que la bahía Navachiste presenta un buen reflujó de agua marina, su cercanía con la zona marina podría haber influido para que se encontraran hembras con una mayor

fecundidad y tamaño, ya que Escamilla-Montes *et al.*, (2013) señalaron que hembras de *Callinectes* se desplazan a zonas marinas donde la salinidad es mayor y asegurar así una mejor producción larvas.

Por otro lado, aunque en la bahía Navachiste no se analizó la influencia de algunas variables hidrológicas dentro el sistema lagunar con respecto al comportamiento reproductivos de *G. grapsus*, algunos autores han señalado a la temperatura, salinidad, clorofila, pH y oxígeno disuelto como factores decisivos en la variación de la captura de hembras ovígeras y no ovígeras, ya que estos factores están totalmente ligados con la maduración de las hembras y machos del cangrejo roca.

Aunque no es el objetivo, el establecimiento de medidas de regulación, con base a las características biológicas del recurso tales como la estructura de tallas, proporción de sexos y su reproducción, deben de tener un efecto favorable en su administración y manejo. La información de la talla de primera madurez, fecundidad y su análisis de hembras ovígeras y no ovígeras, entre otros, son datos que se requieren en la región para que en un futuro se establezcan estrategias de conservación y explotación del cangrejo roca *G. grapsus* en el noroeste de México.

Conclusiones

La única hembra de mayor peso presentó la mayor fecundidad, la cual no coincidió en este estudio con el patrón general del número de cigotos por hembra, a excepción de esta hembra, todas las demás se ubicaron en una fecundidad promedio similar debido a las tallas del cangrejo roca en el intermareal de la bahía Navachiste.

En promedio, la fecundidad por hembra entre las islas fue de 9,245 cigotos/hembra/isla. Este resultados son bajos debido a las tallas observadas de las hembras de *G. grapsus* en esta zona. Por lo tanto, las menores tallas de hembras con masa ovígera correspondieron a las islas Guasayeye, La Ventana y San Lucas, con 648, 519 y 511 huevos, respectivamente. Sin embargo, para esta especie se obtuvo la máxima talla de una hembra con la mayor masa ovígera con 122,287 cigotos.

OBJETIVO: 5.2.7.-. Estimar el crecimiento de *G. grapsus*.

Aunque la fisiología de los crustáceos es muy diferente a la de los peces, el crecimiento corporal parece también adecuarse al modelo de crecimiento de von Bertalanffy. Un crustáceo aislado (un camarón, una langosta o un cangrejo), no se ajusta lógicamente al modelo Von Bertalanffy, sino a alguna “*curva de pasos sucesivos*” en la que cada paso representa a una muda. Pero como los miembros de una cohorte mudan en tiempos diferentes, la curva de crecimiento medio de una cohorte de crustáceos se convierte en una curva suave. Algunos autores han interpretado este modelo para estimar el crecimiento de algunas especies de crustáceos decápodos como camarones (Arzola-González *et al.*, 2008) y jaibas (Hernández y Arreola-Lizárraga, 2007).

La teoría en la que se fundamentan varios de los modelos de crecimiento ha sido descrita por Beverton y Holt (1957), Ricker (1975), Gulland (1983) y Pauly (1984), aunque la mayoría de los estudios han interpretado el crecimiento mediante el modelo de Von Bertalanffy, que considera la talla del organismo como función de tiempo. Este método se ha convertido en una de las piedras angulares de la biología pesquera, ya que se ha utilizado como submodelos de modelos más complejos que describen la dinámica poblacional del crecimiento.

En la presente investigación el crecimiento de *G. grapsus* fue analizado por el modelo de Schnute. La figura 14 muestra la curva de crecimiento en AN (mm) para la población de *G. grapsus*, se estimaron tres grupos de edades, un primer

grupo de 0 a 30 mm, un segundo de 30 a 40 mm y un tercer grupo de edad mayores a 40 mm de AN.

Para el análisis de crecimiento mediante los cinco casos de Schnute y de acuerdo al criterio de información de Akaike en su versión corregida AIC_c , el modelo ganador fue el caso 2, aunque la diferencia es muy poca respecto a los casos 3 y 5. El mejor modelo fue ajustado con el error aditivo (Tabla 8). Este modelo correspondió al modelo de Gompertz y la ecuación resultante del caso 2 fue:

$$AC = 15.39 * e^{\left(\ln \frac{59.95}{15.39}\right)} * \left[\frac{1 - e^{-0.61*(t-1)}}{1 - e^{-0.61*(3-1)}} \right]$$

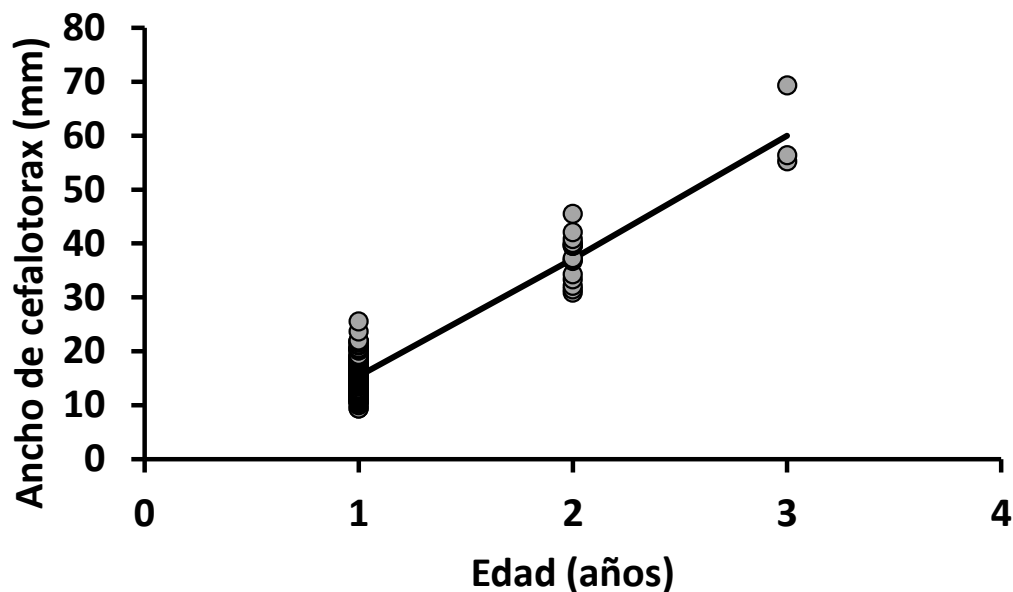


Figura 14. Crecimiento de *G. grapsus* en la bahía Navachiste.

Tabla 9.- Selección multimodelo y parámetros de los cinco casos del modelo Schnute.

Caso	\emptyset	A/I	ΔAIC	Wi	y1	y2	a	b
1	5	1024.94	2.11	10.21	15.39	59.95	2.37	-2.41
2	4	1022.83	0.00	29.27	15.39	59.95	0.61	0.00
3	4	1022.83	0.00	29.27	15.39	59.95	0.00	0.92
4	3	1028.21	5.38	1.99	15.45	74.75	0.00	0.00
5	4	1022.83	0.00	29.27	15.39	59.95	-0.05	1.00

En la mayoría de los casos el análisis del crecimiento en organismos se ha estimado mediante el modelo de Von Bertalanffy. Estos valores de los parámetros (L_{∞} , K y t_0) del modelo Von Bertalanffy, como por ejemplo la tasa de crecimiento (K) puede ser considerada como un crecimiento lento comparado con otros braquiuros como *Cardiosoma crassum* recolectados en el estero El Salado, Jalisco, donde Molina-Ortega y Vázquez-López (2018) estimaron una K de 0.88 y Eslava *et al.* (2019) en *Callinectes danae* estimaron una K de 0.94 (hembras) y 0.77 (machos) en la isleta Isla Margarita, aunque estos autores indicaron valores similares de t_0 al presente estudio. Aunque, en este estudio la K coincidió con lo aquí señalado por Canales y Arana (2009) en el cangrejo dorado *Chaceon chilensis* recolectado en Chile con una K de 0.14. Todas estas investigaciones señaladas de crustáceos decápodos el crecimiento fue evaluado a través del modelo de von Bertalanffy (Canales y Arana, 2009; Molina-Ortega y Vázquez-López, 2018; Eslava *et al.*, 2019).

Este estudio demuestra un nuevo enfoque para los análisis modales y como se pueden utilizar estos datos con el modelo de Schnute para describir crecimiento.

En la literatura no se encontraron estudios sobre crecimiento en *G. grapsus* mediante este modelo de Schnute, sin embargo, el análisis de crecimiento en otros crustáceos mediante el modelo de Schnute, ha sido analizado en camarones como *Metapenaeus macleayi* (Montgomery *et al.*, 2010), *L. stylirostris* y *L. vannamaei* (Aragón-Noriega, 2016) y en *P. californiensis* (Félix-Salazar *et al.*, 2020), en jaibas *C. bellicosus* (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012; Rivera-Velázquez, 2019) y *C arcuatus* (Rivera-Velázquez, 2019). Estos estudios muestran como el modelo de Schnute se puede ajustar a los datos basados en longitud o anchura y por lo tanto, incluye la flexibilidad de comparar ajustes entre funciones de crecimiento asintótico y no asintótico.

Las estimaciones de los parámetros poblacionales entre las diferentes especies de cangrejos braquiuros muestran marcadas diferencias, lo que indica la necesidad de estandarizar las técnicas de estimación, examinando las ventajas y desventajas de los diversos métodos utilizados, así como la precisión de los modelos, ya que su imprecisión e inexactitud pudieran resultar en la toma de erróneas medidas en el campo, lo cual podría en un corto tiempo demandar exigencias por parte de los pescadores ribereños al no resultar las estimaciones calculadas para este recurso. Además, este estudio en esta zona representa la primera estimación del crecimiento poblacional de *G. grapsus* mediante modelos candidatos utilizando los cinco casos del modelo de Schnute (Schnute, 1981), modificado por Montgomery *et al.* (2010), donde se incluyó un caso especial cuando $b=1$ que resultó equivalente al modelo de Von Bertalanffy (Von Bertalanffy, 1976).

El criterio de información de Akaike fue seleccionado como el criterio de bondad de ajuste ya que tiene mayores ventajas estadísticas que los criterios tradicionales como el coeficiente de determinación (r^2). Además el uso de r^2 , ha sido criticado en estudios de crecimiento individual en organismos de cultivo porque sus resultados son poco confiables cuando se usan modelos no lineales (Ansah y Frimpong, 2015; Aragón-Noriega, 2016). La selección del modelo se efectuó mediante una forma corregida de AIC_c (Burnham y Anderson, 2002). La selección del mejor modelo fue obtenido con el menor valor de AIC_c . Los parámetros de los modelos se obtuvieron mediante interacciones utilizando el paquete computacional Excel. Para ajustar los modelos se utilizó el criterio de máxima verosimilitud con el algoritmo de Newton (Haadon, 2001) y se consideraron los errores aditivo y multiplicativo.

Es evidente que este nulo análisis (crecimiento Modelo de Schnute) en esta especie (*G. grapsus*) con un enfoque estadístico basado en la teoría de la información ha incrementado en estudios de recursos acuáticos con inferencia matemática, pero aun así, es reciente en estudios de crustáceos decápodos comerciales sobre aspectos biológicos-pesqueros (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012, 2018; Aragón-Noriega, 2016, Félix-Salazar *et al.*, 2020). Sin embargo, Mundry (2011) propone utilizar este modelo con precaución en estudios de ecología y propone además varias pruebas de hipótesis nulas y criterios de teoría de información en determinadas situaciones pero con suficiente justificación, de acuerdo a lo señalado por Aragón-Noriega (2016) en camarones blanco y azul.

Conclusiones

Se estimaron 3 grupos de edades en Anchura para *G. grapsus* de 0 a 33 mm, de 30 a 40 mm y mayores de 40 mm.

Para el análisis de crecimiento del cangrejo roca mediante los cinco casos de Schnute y de acuerdo al criterio de información de Akaike en su versión corregida AIC_c , el modelo ganador fue el caso 2, aunque la diferencia es muy poca respecto a los casos 3 y 5. El mejor modelo fue ajustado con el error aditivo correspondió al modelo de Gompertz (caso 2).

9.- CONCLUSIONES

- ✓ Las principales zonas intermareales donde habitan los organismos son preferentemente los sustratos rocosos por encima o sobre estos, además de localizarse en pequeñas agregaciones de 1 a 2 cangrejos.
- ✓ Las islas con mayor y menor predominancia por sus porcentajes de captura fueron las islas San Lucas y La Ventana, respectivamente.
- ✓ La estructura de tallas presentó las máximas en AN y PT en 69.26 mm y 137.5 g. Las mínimas coincidieron en AN y PT en 9.34 mm y 0.5 g. Ambas tallas coincidieron en la isla San Lucas.
- ✓ Los promedios para el total de la población fueron de 18.03 (AN), 14.60 (LT) y 8.09 (AL) en mm y de 4.94 (PT) en g.
- ✓ Las tallas en AN y PT no registraron una diferencia significativa entre los organismos de los cangrejos de roca en las islas Guasayeye, San Lucas y La Ventana, por lo que se puede considerar como una sola población de cangrejos roca.
- ✓ Por sexos, las tallas y pesos de AN y PT, no resultaron con diferencias estadísticas entre los machos y hembras, aunque con frecuencia los machos alcanzaron las mayores tallas y pesos que las hembras.

- ✓ El modelo lineal no es adecuado para describir la relación alométrica de altura respecto al ancho del cefalotórax en *G. grapsus*. Tanto en hembras como en machos se definen dos etapas en esta relación alométrica. En tallas chicas que son las dominantes se presenta un crecimiento proporcionalmente mayor en altura que en ancho del cefalotórax, pero en las hembras esta relación disminuye hacia tallas mayores, mientras que en los machos se incrementa.
- ✓ Resultaron mayormente las hembras ovígeras con 54.9 % y el restante 45.1 % a hembras no ovígeras. Mientras que, la fase embrionaria más representativa fue “Naranja-Rojo” con un porcentaje de 32.1 %, seguida por “Naranja” con una media de 23.1 %. Además, en esta zona no existen antecedentes que permitan comparar en la bahía Navachiste la proporción de hembras ovígeras y no ovígeras y para las fases embrionarias en el cangrejo roca.
- ✓ La talla de primera madurez sexual de *G. grapsus*, la cual correspondió en hembras a los 12.08 mm y de 12.8 mm en machos de anchura del cefalotórax. Estos valores coincidieron con el 50 % de la proporción de machos maduros y hembras maduras ($AN_{50\%}$) para la población del cangrejo roca recolectadas en la zona intermareal de la bahía Navachiste.
- ✓ Es evidente que la única hembra de mayor peso presentó la mayor fecundidad (122,287 cigotos), la cual no coincide en este estudio con el

patrón general de número de cigotos por hembra, a excepción de esta hembra, todas las demás se ubicaron en una fecundidad promedio similar debido a sus pequeñas tallas del cangrejo roca en el intermareal de la bahía Navachiste.

- ✓ El modelo de crecimiento de Von Bertalanffy permite explicar y estimar la curva de crecimiento de hembras y machos de *G. grapsus* en la bahía de Navachiste.
- ✓ Por sus tallas del cangrejo roca *G. grapsus* podría ser considerado a nivel de sustento (autoconsumo) por su fácil acceso y captura en el intermareal de las islas. Por su alta fecundidad y frecuencia reproductiva, además de su talla de primera madurez y crecimiento de *G. grapsus* en esta zona, resulta un recurso de interés pesquero para los pescadores de la región. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada
- ✓ Aunque para el establecimiento de medidas de su regulación con base a las características biológicas del recurso tales como la estructura de tallas, sus aspectos reproductivos y crecimiento en la población de *G. grapsus*, sin duda, deben de tener un efecto favorable en su posterior administración y manejo de este recurso en esta zona.

10.- LITERATURA CITADA

Akaike H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. *In*: Petrov, BN.; Casaki, F. (Eds.). 2nd. International Symposium on Information Theory: 268-281. (Akademiai Kiado, Budapest).

Álvarez F; Villalobos, JL; Hendrickx, ME; Escobar-Briones, E; Rodríguez-Almaraz, G; Campos E. (2014). Diversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85S: S208-S219.

Anónimo (1988). *Islas del Golfo de California*. Primera edición. Secretaría de Marina/Universidad Nacional Autónoma de México. DF México. 292p.

Ansah, YB; Frimpong, EA. (2015). Using model-based inference to select a predictive growth curve for farmed tilapia. *N. Am. J. Aquacult.*, 77(39): 281-288.

Aragón-Noriega, EA. (2016). Crecimiento individual del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* y camarón azul *L. stylirostris* (Decapoda: Penaeidae) con un enfoque multimodelo. *Latin American Journal Aquatic Research*, 44(3): 480-486.

Arzola-González, JF; Flores-Campaña, LM; Ortiz-Arellano, MA; Gutiérrez-Rubio, Y. (2007). Captura y aspectos reproductivos de la pesquería de las langostas *Panulirus inflatus* y *P. gracilis* (Crustacea: Decapoda) en el sur de Sinaloa, México. *Rev. Ciencia y Mar*, 11 (31): 15-22.

Arzola-González, JF; Flores-Campaña, LM. (2008). Alternativas para el aprovechamiento de los crustáceos decápodos del Estero El Verde Camacho, Sinaloa, México. *Universidad y Ciencia*, 24(1): 41-48.

Arzola-González, JF; Flores-Campaña, LM.; Izabal-Ceja, A.; Gutiérrez-Rubio, Y. (2008). Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *Revista Aquatic*, 28: 8-15.

Arzola-González, JF; Flores-Campaña, LM; Vázquez-Cervantes, A. (2010). Crustáceos decápodos intermareales de las islas de la costa de Sinaloa, México. *Universidad y Ciencia*, 26(2): 179-193.

Arzola-González, JF; Pérez-González, R; Muñoz-García, I; Gutiérrez-Rubio, Y; Flores-Campaña, LM. (2011). Distribución detallada de langostas *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* en la pesquería del sur de Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 7(1): 15-20.

Aya-Baquero, E; Velasco-Santamaría, Y. (2013). Fecundidad y fertilidad de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) del Piedemonte Llanero Colombiano. *Revista Científica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica de Córdoba*, 18(3): 3773-3780.

Ayón-Parente, M.; Hendrickx, ME. (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.

Bagenal, T. (1978). Aspects of fish fecundity. *In: Methods of assessments of fish production in freshwater*. Handbook, Blackwell Scientific Publications. LTD Oxford, UK. 98p.

Balinsky, BL. (1983). *Introducción a la embriología*. Ed. Omega, Quinta edición. Barcelona. 727p.

Beltrán-Lizárraga, JM; Arce-Rodríguez, JC. (2006). Carcinofauna de la zona intermareal de las islas Guasayeye, Nescoco, Las Chivas y El Metate de la bahía de Navachiste, Sinaloa. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, México. 42p.

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

Beltrán-Lizárraga, JM; Arce-Rodríguez, JC. (2006). Carcinofauna de la zona intermareal de las islas Guasayeye, Nescoco, Las Chivas y El Metate de la bahía de Navachiste, Sinaloa. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, México. 42p.

Beverton; RHJ; Holt, SH. (1957). On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food. G.B. (sea fish)*, 19:1-533.

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

Bodekem, R; Bosschieter, JR; Goudswaard, PC. (1991). Sex change, mating and sperm transfer in *Crangon crangon*. 164-182pp. *In: Crustacean sexual biology*. Bauer, R.; Martin, JW. (Eds). Columbia University Press. New York.

Boschi, E. (2016). Los crustáceos de interés pesquero y otras especies relevantes en los ecosistemas marinos. *Informe Técnico*. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero INIDEP. Mar del Plata. 271 p.

Buckland, ST; Burnham, KP; Augustin, NH. (1997). Model selection; an integral part of inference. *Biometrics*, 53: 603-618.

Burnham, KP; Anderson, DR. (2002). *Model selection and multi model inference: a practical information-theoretic approach*. Springer, 2nd ed., New York. 1-488p.

Campos, E; De Campos, AR. (1998). Taxonomy and distribution of the parasitic isopod *Progebiophilus bruscai* Salazar-Vallejo & Leija-Tristán-Tristán, 1990 (Crustacea: Bopyridae). *The Proceedings of the Biological Society of Washington*, 111(2): 288-294.

Canales, C; Arana, PM. (2009). Crecimiento, mortalidad y evaluación de la población del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) explotado en el Archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Latin American Journal Aquatic Research*, 37(3): 113-326.

Carranza-Edwards, A.; Gutiérrez-Estrada, M.; Rodríguez-Torres, R. (1975). Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM*, 2:81-88.

Castañeda-Lomas, N. (2010). Elección racional y acción colectiva en la pesca artesanal de Sinaloa. *Tesis Doctoral*. Facultad de Economía y Relaciones Internacionales, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, 113 p.

Castillo, J; Eslava, N; González, LW. (2011). Crecimiento del cangrejo *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) de la isla Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 59(4): 1525-1535.

Chang, YJ; Sun, CL; Chen, Y; Yeh, SZ. (2012). Modelling the growth of crustacean species. *Rev. Fish. Biol. Fisheries*, 22:157–187.

Chase, ID; Tovey, C; Spangler-Martin, D; Manfredonia, M. (2002). Individual differences versus social dynamics in the formation of animal dominance hierarchies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99: 5744-5749.

Clores, MA; Ramos, GB. (2013). Reproductive characteristics of the brachyuran crab, *Grapsus tenuicrustatus* (Decapoda: Grapsidae) found in Talim Bay, Batangas, Philippines. *Arthropods*, 2(3): 111-125.

Cognetti, G; Sara, M; Magazzú, G. (2001) *Biología marina*. Primera edición. Ed. Ariel. Barcelona España. 619p.

Colpo, KD; Negreiros-Fransozo, ML. (2003). Reproductive output of *Uca vovator* (Brachyura: Ocypodidae) from three subtropical mangroves in Brazil, *Crustaceana*, 76: 1-11.

Costa, TM; Negreiros-Fransozo, ML. (2003). Population biology of *Uca thayeri* (Brachyura: Ocypodidae) in a sub-tropical South America mangrove area: results from transect and catch-per-unit-effort techniques. *Crustaceana*, 75: 1201-1218.

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. DOI: 10.3856/vol46-issue5-fulltext-17.

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.

Escobedo-Urías, D; Jiménez-Illescas, A; Martínez-López, A; Reyes-Salinas, T; Hernández-Real, N; Herrera-Moreno, N; Ulloa-Pérez AE; Zavala-Norzagaray, A; Álvarez-Ruiz A. (2001). Oceanografía de la bahía Navachiste, Sinaloa, México. Informe Técnico. IPN-CIIDIR. Sinaloa, México. 37p.

Escobedo-Urías, D; Martínez-López, A; Jiménez-Illescas, A; Ulloa-Pérez AE; Zavala-Norzagaray, A. (2007). Intercambio de carbono orgánico particulado del sistema lagunar San Igancio-Navachiste, Sinaloa con el mar adyacente. *En: Hernández-De la Torre, B; Gaxiola-Castro, G. Carbonos en Ecosistemas Acuáticos de México. Instituto Nacional de Ecología. Cd. México, México. 580p.*

Eslava, N; Walter-González, L; Guevara, F; Quijada, I. (2019). Parámetros poblacionales del cangrejo *Callinectes danae* (Decapoda: Portunidae) de la isleta, Isla Margarita, Venezuela. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 29(3): 221-230.

Félix-Salazar, JA, Aragón-Noriega, EA, Rodríguez-Domínguez, G, Valenzuela-Quiñonez, W, Arroyo-Bustos, AM, Arzola-González, JF, Félix-Ortiz JA. (2020). Growth curves of the Yellowlegs Shrimp *Penaeus californiensis* (Decapoda: Penaeidae), using length data. *Crustaceana*, 93(9-10): 1103-1121.

Fernández-Sánchez, E. (2012). Efecto del color del oponente en el comportamiento agresivo del *Grapsus grapsus* (Crustacea, Decapoda). *Anales Universitarios de Etología*, 6: 1-10.

Flores, AAN; Saraiva, J; Paula, J. (2002). Sexual maturity, reproductive cycles, and juvenile recruitment of *Perisesarma guttatum* (Brachyura: Sesarmidae) at Ponta Rosa mangrove swarp, Inhaca Island, Mozambique. *Journal of Crustacean Biology*, 22: 143-156.

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

Flores-Campaña LM; Chapa-Saldaña, H; Arzola-González, JF; Ortiz-Arellano, MA. (2003a) La pesca y su contribución al desarrollo de Sinaloa. pp. 379-397. *En: Cifuentes-Lemus JL; Gaxiola-López, J. (Eds) Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa. El Colegio de Sinaloa. México.*

Flores-Campaña, LM; Ortiz-Arellano, MA; Arzola-González, JF. (2003b) Islas e islotes. pp 111-126. *En: Cifuentes-Lemus JL; Gaxiola-López J. (Eds) Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa. El Colegio de Sinaloa. México.*

Flores-Campaña, LM; Arzola-González, JF; Ortiz-Arellano, MA; Gutiérrez-Rubio, Y; Tellez-López, J. (2008). Actualización del inventario de crustáceos decápodos del litoral de las islas de la costa de Sinaloa. pp. 141-150. *En: Estudios de las islas del Golfo de California. LM Flores-Campaña (Ed) UAS/CONACyT. México.*

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.

García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen*. Instituto de Geografía, UNAM. 246p.

Garduño-Dionate, M; Pérez-Velázquez, PA; Loran-Nuñez, RM; Martínez-Isunza, FR. (2017). Crecimiento y mortalidad del langostino moya *Macrobrachium tenellum* (Decapoda. Palemonidae) en el río San Pedro Mezquital, Nayarit, México. *Hidrobiológica*, 27(3): 359-367.

Garth, JS. (1965). The brachyuran decapod crustaceans of Clipperton Island. *Procc. Calif. Acad. Sci.* 33(1): 1-46.

Garth, JS. (1992). The brachyuran crabs of the Revillagigedo Islands, Colima, Mexico, with remarks on Insular Endemism in the Eastern Tropical Pacific. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*, 24:1-6.

Genova de Castro-Campanha, PM; Arimura Matsumoto, A; Lima Brazao, M; Natheus Basilio, L; Sumile Maruyama, L. (2019). Lenth-weight relationships and biological aspects for 34 fish species from tres irmaos reservoir, lower yiete river basin, sp-Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 45(3): 1-10.

Gianuca, D; María-Vooren, C. (2007). Abundancia y comportamiento del cangrejo costero (*Grapsus grapsus*) en la colonia de piquero café (*Sula leucogaster*) en el archipiélago de São Pedro y São Paulo. *Investigaciones Marinas*, 35(2): 121-125.

González-Medina, FJ; Cazarez-García, R; Zepeda-Canizalez, A; González-Magdaleno, LA. (1998). Inventario faunístico de los moluscos y crustáceos decápodos de la zona intermareal de las islas Lobos, venados y Pájaros de la

bahía de Mazatlán, Sinaloa. México. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, México. 93p.

González-Pérez, JA. (1995). *Catálogo de crustáceos decápodos de las islas Canarias*. Publicaciones Turquesa. Santa Cruz de Tenerife. 281p.

Guerao, G; Schubart, CD; Cuesta, JA. (2001). The first zoeal stages of *Grapsus grapsus* and *Geograpsus lividus* (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) from the western Atlantic. *Nauplius*, 9(2): 111-121.

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.

Gulland, JA. (1983). *Fish stock assessment. A manual of basic method*. FAO/Wiles series on food and agricultura. Rome. 241p.

Gutiérrez-Rubio, Y. (2015). Estructura de tallas, relaciones biométricas, fecundidad y crecimiento del cangrejo roca *Grapsus grapsus* en la zona intermareal de las islas Lobos, Venados y Pájaros de la bahía de Mazatlán, Sinaloa. *Tesis de Maestría*. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. 89p.

Gutiérrez Rubio, Y; R Pérez González, Campos E; Arzola González JF. (2018). Estructura de tallas y relaciones biométricas del cangrejo roca *Grapsus grapsus* en las islas Lobos, Venados y Pájaros, Sinaloa, México. *Hidrobiológica*, 28(1):31-36.

Gutiérrez Rubio, Y; Arzola González JF; Ramírez-Pérez JS; Rodríguez-Domínguez G; Pérez González, R; Góngora-Martínez, A; Valdez-Pineda MC; Díaz-Gaxiola JM; Sánchez-Cárdenas, R; Salcido-Guevara, L. (2020). Size

composition and fecundity of the crab rock *Grapsus grapsus* in the islands of Navachiste bay, Sinaloa, México. *Indian Journal of Fisheries*, 67(1): 129-134.

Haddon, M. (2001). *Modelling and quantitative methods in fisheries*. Chapman and Hall/CRC. New York. 406p.

Hattori, G; Pinheiro, MA. (2001). Fecundity and embriology of *Pachychelis monilifer* (Anomura: Porcellanidae) at Praia Grande, Ubatuba, SP, Brazil. *Nauplius*, 9(2): 97-109.

Hartnoll, R. (1988). *Brachyuran life history strategies and the optimization of egg production*. Oxford, UK.

Hartnoll, R. (2001). Growth in crustacea – twenty years on. *Hidrobiología*, 449: 111-122.

Hendrickx, M. (1992). Distribution and zogeographic affinities of decapod crustaceans of the Gulf of California, Mexico. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*, 20: 1-12.

Hendrickx, M. (1993). Crustáceos decápodos del Pacífico mexicano. *En: Biodiversidad Marina y costera de México*. 271-318pp. Salazar-Vallejo, S; González, N (Eds.). CONABIO y CIQRO. México.

Hendrickx, M. (1995a). Checklist of brachyuran crabs (Crustacea: Deacapoda) from Eastern Tropical Pacific. *Bulletin of Institute Roy Natural of Bruxelles*, 65(1): 125-150.

Hendrickx, M. (1995b). *Cangrejos. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Pacífico centro-oriental, 1, 565-636.

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

Hernández, G; Palazón, J; Hernández, JE; Bolaños, JA. (1992). Morfología de *Calappa cinerea* (Crustacea: Decapoda: Calappidae) de la costa sur de Macanao, Isla de Margarita. II Congreso Científico, Universidad de Oriente, Venezuela. 118-119p.

Hernández, C; Álvarez, F; Villalobos, JL. (2010). Crustáceos asociados a un sustrato duro en la zona intermareal de Montepio, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: S141-S151.

Hernández, L; Arreola-Lizárraga, JF. (2007). Estructura de tallas y crecimiento de los cangrejos *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* (Decapoda: Portunidae) en la Laguna costera Las Guasimas. *Revista de Biología Tropical*, 55(1): 225-233.

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

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.

Hurvich; CM; Tsai, CL. (1989). Regression and time series model selection in small samples. *Biometry*, 76: 297-307.

- Iwasa-Arai, T; Costa-Brandao, M; Santarosa-Freire, A. (2017). First record of *Grapsus grapsus* (Brachyura: Decapoda: Grapsidae) in freshwater habitat. *Nauplius*. DOI:10.1590/2358-2936e2017032.
- Jimenez, AG; Locke, BR.; Kinsey, ST. (2008). The influence of oxygen and high-energy phosphate diffusion on metabolic scaling in three species of tail-flipping. *Crustaceans J. Exp. Biol.*, 211(20): 3214–3225.
- Jiménez, AG; Kinsey, ST; Dillaman, RM; Kapraun, DF. (2010). Nuclear DNA content variation associated with muscle fiber hypertrophic growth in decapod crustaceans. *Genome*, 53: 161–171.
- Jiménez, AG, Kinsey, ST. (2015). Energetic and metabolic regulations. *In: Chang ES; Tiel, M. (ed.). Physiology: the natural history of the crustacean*. 4: 391- 419.
- Johnson, PT. (2003). Biased sex ratios in fiddler crabs (Brachyura: Ocypodidae): a review and evaluation on the influence of sampling method, size class and sex-specific mortality. *Crustaceana*, 76: 559-580.
- Johnson, LK; Dillaman, RM; Gay, DM; Blume JE; Kinsey, ST. (2004). Metabolic influences of fiber size in aerobic and anaerobic locomotor muscles of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *The Journal Experimental Biol.*, 207: 4045-4056.
- Lankford, RR. (1977). Coastal lagoons of Mexico, their origin and classification. 182-215 pp. *In: Wiley, MI. Estuarine processes*, Academic Press Inc., New York.
- Litulo, C. (2004). Fecundity of the pantropical fiddler crab *Uca annulipes* (Brachyura: Ocypodidae) at Costa do Sol mangrove, Maputo bay, Southern Mozambique. *Western Indian Ocean Journal Marine Science*, 3(1): 87-91.

Lopez-Martinez, J; Lopez-Herrera, L; Váldez-Holguin, E; Rabago-Quiroz, CH. (2014). Population dynamics of the swimming crabs *Callinectes* (Portunidae) components of shrimp bycatch in the eastern coast of the Gulf of California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(1): 17-29.

Magaña-Álvarez, M. (2004). Distribución de nutrientes y su efecto en el nivel trófico de la laguna Macapule, Sinaloa. *Tesis de Maestría*. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional CIIDIR-IPN. México. 105p.

Mantelatto, FL; Fransozo, A. (1997). Fecundity of crab *Callinectes ornatus* (Decapoda: Brachyura: Portunidae) from the Ubatuba region Sao Paulo, Brazil. *Crustaceana*, 70: 214-224.

Manning, RB; Holthuis, LB. (1981). *West African Brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda)*. Smithsonian Contributions to Zoology, 306. Smithsonian Institution Press. Washington 379p.

Margalef, R. (2005). *Ecología*. Ed. Omega. Décima edición. Barcelona. 951p.

Molina-Ortega, MG; Vázquez-López, H. (2018). Crecimiento relativo de *Cardiosoma crassum* (Decapoda: Gecarcinidae) en el estero El Salado, Puerto Vallarta Jalisco, México. *Biología, Ciencia y Tecnología*, 11(43): 808-823.

Montgomery, SS.; Walsh, CT.; Haddon, M.; Kesby, CL.; Johnson, DD. (2010). Using data in the Schnute Model to describe growth in a metapenaeid from water off Australia. *Marine and Freshwater Research*, 61: 1435-1445.

Mundry, R. (2011). Issues information theory-based statistical inference a commentary from a frequentist's perspective. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 62: 57-68.

Ng, PK; Guinot D; Davie, PJ. (2008). Systema Brachiurorum; Parte I. An Annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 17:1-286.

Ochoa-Izaguirre, MJ; Aguilar-Rosas, R; Aguilar-Rosas EL. (2007). *Catálogo de las macroalgas de las lagunas costeras de Sinaloa*. Páez-Osuna, F. (Ed). Lagunas Costeras de Sinaloa. ICMYL-UNAM y Colegio de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa. México. 117p.

Pauly, D. (1984). *Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programable calculators*. ICLARM. Studies and Reviews. 8: 325p.

Peñuelas-Román, MI. (2002). Distribución y abundancia de crustáceos decápodos en las islas Lobos, Venados y Pájaros de la bahía de Mazatlán, Sinaloa. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, México. 68p.

Quiroz-Del Campo, NN. (2014). Variabilidad de la productividad fitoplactónica en el sistema lagunar Navachiste. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR-IPN. México. 96p.

Ragonese, S; Bianchini, ML. (2014). It is time to discard the Rikhter & Efanov's natural mortality-age at maturity estimator from the stock assessment scientist's toolbox?. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 9(1): 58-65.

Ramírez-Llodra, E. (2002). Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. *Advances in Marine Biology*, 43: 87-170.

Rathbun, MJ. (1918). The Grapsoid crabs of America. *Bulletin of the United States National Museum*, 97:1-461.

Ricker, WE. (1975). Computation and interpretation on biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.

Ríos-Jara, E; López-Uriarte, E; Pérez-Peña, M; Encino-Padilla, I; Arreola-Robles, JL; Hermosillo-González, A; Galván-Villa, CM. (2008). *Listados taxonómicos de la biota marina del Parque Nacional Isla Isabel (invertebrados, peces y macroalgas)*. Primera edición. Universidad de Guadalajara. México. 194p.

Rivera-Velázquez, PY. (2019). Variaciones de los puntos de importancia biológica en las jaibas *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* a lo largo del Pacífico mexicano. *Tesis de Maestría*. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. 166p.

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, S; Pérez-González, R; Aragón-Noriega, AE. (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; Mutsunori, T. (1994). Aspectos del comportamiento de *Grapsus grapsus* (Decapoda: Grapsidae). *En: Resúmen IV Reunión del Instituto de Investigaciones de las Ciencias Biológicas "Antonio Raimondi" (ICBAR).*

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.

Sánchez-Lindoro, FJ; Jiménez-Illescas, AR; Espinoza-Carreón, TL; Obeso-Nieblas, M. (2017). Modelo hidrodinámico en el Sistema lagunar Navachiste, Guasave, Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(2): 219-231. DOI: 10.4067/S0718-19572017000200003.

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.

Santamaría-Miranda, A; Saucedo-Lozano, M; Herrera-Moreno, MN; Apón-Molina, JP. (2005) Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* y del pargo rojo *Lutjanus colorado* (Pisces: Lutjanidae) en el norte de Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 40(1): 33-38.

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

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.

Sparre, P; Venema, SC. 1997. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales Parte 2*. FAO Documento Técnico de Pesca. Roma. 306p.

Teschima, MM; Aguiar, MM; Farías, E; Meneses, BS; Moreira, MC; Pinheiro, MA; Freire, AS. (2007). Fecundidade do caranguejo *Grapsus grapsus* no Arquipélago de Sao Pedro e Sao Paulo. *En*: Resúmenes del VII Congreso Latino-Americano de Ciencias do Mar. Florianópolis, Brasil. 15 al 19 Abril del 2007.

Von Bertalanffy, L. (1976). *Teoría general de los sistemas*. Ed. Fondo de la Cultura Económica. Segunda edición. México. 311p.

Weatherly, AH; Gill, HS. (1987). *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, London.

Wicksten, MK. (1995). Decapod crustaceans and pycnogonids of the Alijo rocks. *En*: Schneider R (Ed) *Rocas Alijos*. Amsterdam: Kluvar Academic Publishers.

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.

Yañez-Arancibia, E. (1986). *Ecología de la zona costera. Análisis de siete tópicos*. AGT Editor. México. 189p.

Zar, JH. (2009). *Bioestatistical analysis*. Three edition. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, USA 960p.

11. ANEXOS

Anexo 1.- Mortalidad de *Grapsus grapsus* en la bahía Navachiste.

De manera adicional, se analizó por primera ocasión la mortalidad del cangrejo roca *G. grapsus* en la bahía Navachiste. La estimación de los parámetros de crecimiento y la tasa de mortalidad, son características de suma importancia para el análisis biológico de algunas especies de interés comercial como camarones peneidos (*Penaeus*) (Felix-Salazar *et al.*, 2020), jaibas (*Callinectes*) (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012), langostas (*Panulirus*) (Arzola-González *et al.*, 2010) y langostinos (*Macrobrachium*) (Garduño-Dionate *et al.*, 2017), ya que al analizar el crecimiento y la mortalidad de estas especies mencionadas permite determinar las características biológicas y el nivel de explotación de la población. Además, esta información biológica-pesquera proporciona elementos técnicos y científicos para la ejecución de políticas de administración y regulación de los recursos pesqueros para un adecuado aprovechamiento sustentable.

La mortalidad total anual (Z) se estimó mediante la ecuación propuesta por Beverton y Holt (1957). En la figura 1A, se presenta la mortalidad total anual para *G. grapsus* en la bahía Navachiste, resultando una $Z=2.05$, lo que indica que la captura del cangrejo roca podría ser una actividad pesquera con un alto impacto sobre este recurso. Este alto valor podría estar relacionado con las características biológicas de esta especie más que por la captura, como su ciclo de vida corto, madurez temprana, crecimiento rápido o presentar una mortalidad natural alta.

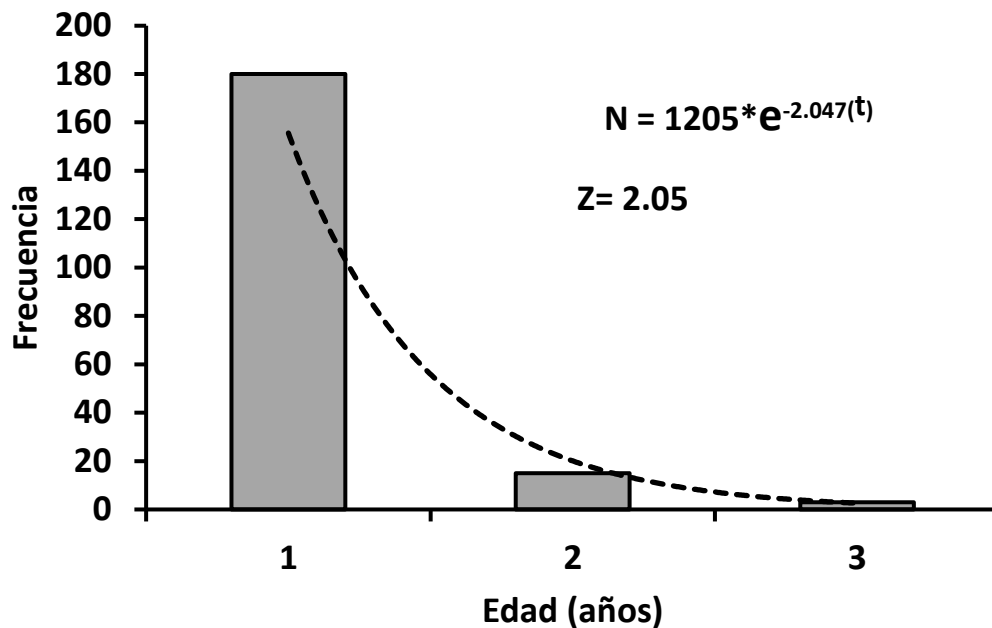


Figura 1A. Mortalidad anual de *G. grapsus* en la bahía Navachiste.

La mortalidad natural puede presentar una variación anual debido principalmente a las características bióticas y no bióticas del ecosistema, como son las variaciones estacionales y cíclicas en las variables hidrológicas del sistema lagunar Navachiste (Sánchez-lindoro *et al.*, 2017), asimismo por la abundancia de depredadores, jerarquización y agresividad de machos para la reproducción en *G. grapsus* (Romero, 2003; Fernández-Sánchez 2012), además su distribución, agregación y migración hacia nuevos habitats como lo señala Iwasa-Arai *et al.* (2017) donde *G. grapsus* se reportaron en agua dulce. Es decir, la mortalidad anual en este estudio podría estar enfocada a aspectos de la especie más que la captura, debido a que se ha observado que la captura del cangrejo roca es con fines de carnada para la pesca y solamente en algunos lugares muy específicos

se comercializa con estos fines como por ejemplo en la Boca del Río Guasave, Sinaloa (Obs. pers.).

Es importante analizar la mortalidad por hembras y machos y relacionarlas con los periodos de reproducción, ya que en este estudio no fue estudiado pero tampoco fue un objetivo la mortalidad, sin embargo la mortalidad aquí señalada puede ser un antecedente importante para la biología de *G. grapsus* en el noroeste de Mexico, sobre todo porque esta especie la FAO (Hendrickx *et al.*, 1995) la ha considerado como un recurso pesquero alternativo con fines de sustento familiar.

Literatura citada

Arzola-González, JF; Flores-Campaña, LM; Vázquez-Cervantes, A. (2010). Crustáceos decápodos intermareales de las islas de la costa de Sinaloa, México. *Universidad y Ciencia*, 26(2): 179-193.

Félix-Salazar, JA, Aragón-Noriega, EA, Rodríguez-Domínguez, G, Valenzuela-Quñonez, W, Arroyo-Bustos, AM, Arzola-González, JF, Félix-Ortiz JA. (2020). Growth curves of the Yellowlegs Shrimp *Penaeus californiensis* (Decapoda: Penaeidae), using length data. *Crustaceana*, 93(9-10): 1103-1121.

Fernández-Sánchez, E. (2012). Efecto del color del oponente en el comportamiento agresivo del *Grapsus grapsus* (Crustacea, Decapoda). *Anales Universitarios de Etología*, 6: 1-10.

Garduño-Dionate, M; Pérez-Velázquez, PA; Lorán-Nuñez, RM; Martínez-Isunza, FR. (2017). Crecimiento y mortalidad del langostino moya *Macrobrachium tenellum*

(Decapoda: Palemonidae) en el río San Pedro Mazquital, Nayarit, México. *Hidrobiológica*, 27(3): 359-367.

Hendrickx, M. (1995). *Cangrejos. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Pacífico Centro-Oriental, 1, 565-636.

Iwasa-Arai, T; Costa-Brandao, M; Santarosa-Freire, A. (2017). First record of *Grapsus grapsus* (Brachyura: Decapoda: Grapsidae) in freshwater habitat. *Nauplius*. DOI:10.1590/2358-2936e2017032.

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.

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.

Sánchez-Lindoro, FJ; Jiménez-Illescas, AR; Espinoza-Carreón, TL; Obeso-Nieblas, M. (2017). Modelo hidrodinámico en el Sistema lagunar Navachiste, Guasave, Sinaloa, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(2): 219-231. DOI: 10.4067/S0718-19572017000200003.

Anexo 2. Artículo indexado publicado: Indian Journal of Fisheries.

Indian J. Fish., 67(1): 129-134, 2020
DOI: 10.21077/ijf.2019.67.1.87526-17



Note

Size composition and fecundity of the rock crab *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) in the islands of Navachiste Bay, Sinaloa, Mexico

YECENIA GUTIERREZ RUBIO¹, JUAN FRANCISCO ARZOLA GONZALEZ¹, JORGE SAUL RAMIREZ PEREZ¹, GUILLERMO RODRIGUEZ DOMINGUEZ¹, RAUL PEREZ GONZALEZ¹, ANDRES MARTIN GONGORA GOMEZ², MARIA CANDELARIA VALDEZ PINEDA¹, JESUS MANUEL DIAZ GAXIOLA¹, REBECA SANCHEZ CARDENAS¹ AND LUIS ANTONIO SALCIDO GUEVARA¹

¹ Faculty of Marine Sciences, Autonomous University of Sinaloa, A. P. 610, Mazatlan, Sinaloa, Mexico

² National Polytechnic Institute, Interdisciplinary Research Centre for Regional Integral Development, Unit Sinaloa Aquaculture Department, CP 81101, Blvd. Juan de Dios Batiz No. 250, Col. San Juachin, Guasave, Sinaloa, Mexico

³ Technological National of Mexico, Laboratory of Ecology, Blvd. Juan de Dios Batiz s/n, Los Mochis, Sinaloa, Mexico
e-mail: farzola@uas.edu.mx

ABSTRACT

The present study analysed the size composition and fecundity of *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) in the intertidal regions of Guasave, La Ventana and San Lucas islands in Navachiste Bay, Sinaloa, Mexico. Samples were collected from November 2017 to October 2018 with a bimonthly periodicity and sampling stations were established in each island. Crab samples were collected randomly at nocturnal low tide. Sex of the crabs was determined and carapace width (CW), length (L) and height (H) in mm, and their weight (W) in g were measured. Biometric correlations were performed. Fecundity was estimated in gravid females. The highest percentage of capture for females was 53.3% whereas for males was 46.7% and the sex ratio was 1.15:1. The highest percentage was in San Lucas Island (41.4%) and the lowest in La Ventana (27.7%). Maximum CW (69.3 mm) and weight (137.5 g) were recorded in San Lucas Island, while the lowest CW (9.3 mm) and weight (0.5 g) were recorded in Guasave Island. No significant difference in size (CW and W) were observed between sexes or between islands. The average fecundity for female was 9,245 eggs. A high biometric correlation was obtained ($r^2=0.98$) between the morphometric variables and *G. grapsus* was found to have an isometric growth.

Keywords: Fecundity, *Grapsus grapsus*, Navachiste islands, Population, Rock crab, Size composition

The coast of Sinaloa and its natural resources have been insufficiently studied (Flores-Campana *et al.*, 2003). In this region, there are over 400 islands, which are classified as cliffs, cays, bars, points, reefs, rocks, islands and islets which represent almost 45% of the insular bodies that are within the Gulf of California (Flores-Campana *et al.*, 2003). The islands of Sinaloa are considered as continental due to their proximity to the coastal zone or within semi-enclosed coastal ecosystems of bays *viz.*, Topolobampo, Navachiste, Santa Maria, Altata-Ensenada del Pabellon and Mazatlan (Anonimo, 1988). Sinaloa islands are part of a protected natural area which is currently identified as the Flora and Fauna Protection Area of the Gulf of California Islands (DOF 07/06/2000). Therefore, adequate knowledge of the communities that inhabit these environments is necessary, especially in those where anthropogenic activities have not generated significant changes in their composition (Flores-Campana *et al.*, 2007). In these insular ecosystems due to their easy accessibility, some species of crustaceans are captured in

shallow waters or in the intertidal zones. One such species is the rock crab *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758), which is used locally for human consumption (Arzola-Gonzalez and Flores-Campana, 2008) and as bait for fishing (Arzola-Gonzalez *et al.*, 2010; Gutiérrez-Rubio *et al.*, 2018). *G. grapsus* is one of the most common intertidal species in the islands of Navachiste Bay, Sinaloa. This species, belonging to the Grapsidae family, is distributed in the Eastern Pacific in Cedros Island, on the west coast of Baja California, Rocas Alijos and the Revillagigedo islands, Mexico to the Talcahuano Bay, Chile; including the Galapagos islands, Clipperton, Malpelo and Juan Fernandez (Hendrickx *et al.*, 2005). In the equatorial Atlantic Ocean, it is distributed in the San Pedro and San Paul islands (Freire *et al.*, 2010).

Most of the work carried out on this species deals with taxonomic and distribution aspects (Hendrickx *et al.*, 2005; Arzola Gonzalez *et al.*, 2010). Recently, Barcenas-Gutiérrez and Jauregui-Velázquez (2017) analysed the

social and reproductive behaviour of *G. grapsus* in the intertidal region of Puerto Vallarta, Jalisco. However, there are practically no studies on morphometric characters (Gutiérrez-Rubio *et al.*, 2018) and fecundity (Teschima *et al.*, 2007) of *G. grapsus* from this area. This is a situation very different from that observed in other decapod crustaceans, where various biological aspects have been analysed, such as in lobsters, *Panulirus* spp. (Arzola-Gonzalez *et al.*, 2011); penaeid shrimps, *Penaeus* spp. (Aragon-Noriega *et al.*, 2017) and crabs, *Callinectes* spp. (Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2012).

The present study is important because it provides basic information on the size composition and fecundity of *G. grapsus*, that may lead to implementation of fishing regulatory measures by the concerned authorities in Navachiste Bay, Sinaloa, Mexico.

The study area included different locations in the Guasayeye, La Ventana and San Lucas island system; which are located on the coastal area of the south-east of the Gulf of California, between 25° 22' and 25° 35' N and 108° 42' and 108° 56' E, in Navachiste Bay, Sinaloa, Mexico.

Surveys were carried out in the study area in order to identify topographic characteristics, exposure time and area of the coast during the tidal wave. In this way, collection strategies were established in each sampling station, preferably similar location in the rocky substrate were selected and general observations were made in each island. Bimonthly samples were collected from November 2017 to September 2018. Guasayeye Island has the largest rocky beach and La Ventana Island is characterised by a narrow beach and is difficult to access due to the huge size of the rocks. San Lucas Island has two rocky areas with a sandy beach in between with small rocks and a mangrove zone (Ortiz-Arellano and Flores-Campana, 2008).

The samplings were nocturnal during the tides of syzygy and in the low tide phase. A 2x20 m transect was used parallel to the coastline according to Freire *et al.* (2010), with the lower limit at low tide of each station. *G. grapsus* in intermoult stage were collected and deposited in plastic bags with seawater and ice and then transported to the laboratory in a cooler. Subsequently, the crabs were sexed based on the shape of the abdomen (which is wide in females and narrow in males), in addition to the presence of biramous pleopods in females and uniramous in males.

Carapace width (CW), length (L) and height (H) of the crabs were measured with a digital vernier caliper (0.01 mm) and their respective fresh weight (W) using a digital scale (0.1 g sensitivity) in intermoult stage. The form of

growth was verified based on the relation between the length of the cephalothorax and weight, and also between the lengths. Moreover, the coefficient of determination (r^2) between the morphometric relationships was calculated, by means of the following equations:

$$y = a + bx, y = axb, \text{ (Ricker, 1975).}$$

where, y = corresponds to CW, L or W; a = ordered to the origin; b = slope; x = CW, L or W

The Student's t -test was applied to the value of the exponent (b) of the equation obtained from the biometric relationship between length and weight. Once the values were transformed into logarithms and under the assumption that if " b " equals three (Zar, 2009), it was assumed that the *G. grapsus* organisms grow isometrically.

Fecundity was estimated by gravimetric method (Bagenal *et al.*, 1978; Escamilla-Montes *et al.*, 2013) in which all gravid females were used. Once the measurements and the corresponding weight of each specimen were recorded, the egg mass was removed. For each female, the eggs were weighed in preweighed aluminum dishes to get the wet weight of the egg mass.

For each roe, three subsamples of 0.001 g were taken at random and placed in petridishes and counted under a stereoscopic microscope. Then, the average of the three subsamples were calculated. Finally, this average was extrapolated with respect to the dry weight of the roe, thus obtaining the total estimate of eggs (fecundity) for each gravid female.

Normality tests (Kolmogorov-Sminorv test) and homoscedasticity (Bartlett test) were performed on the CW and W data, and Kruskal-Wallis test was performed by ranges. To estimate the difference between the width and weight between sexes, Student's t test was conducted. Student's t test was used to estimate the value of the slope (b) of the biometric relationship of length and weight. In all cases, a significance level of (α) 0.05 was used (Zar, 2009) and the statistical package, StaSoft V7.0 (StaSoft, 2004) was used.

In total, 198 organisms were analysed, out of which 106 were females (53.3%) and 92 males (46.7%), with female to male ratio of 1.15:1. Among the study locations, the highest catch percentage was in San Lucas (41.4%) and the lowest in La Ventana (27.7%). The population of *G. grapsus* reached a maximum width of 69.3 mm and maximum weight of 137.5 g which was recorded in San Lucas Island, while the lowest size in terms of width was of 9.3 mm and weight of 0.5 g was recorded in Guasayeye Island (Table 1).

Size and fecundity of the rock crab *Grapsus grapsus*

131

Table 1. Maximum, minimum, mode, mean and standard deviation (S.D.) of carapace width (CW), length (L) and height (H) and weight (W) of *Grapsus grapsus* in the islands of Navachiste Bay

	CW (mm)	L (mm)	H (mm)	W (g)
Max.	69.3	61.1	35.4	137.5
Min.	9.3	8.4	3.9	0.5
Mode	15.0	12.3	6.2	0.9
Mean	18.0	14.6	8.1	4.9
±S.D.	8.4	7.4	4.6	13.8

No significant differences were found in CW and W between males and females (t-Student test, $p > 0.05$). Among the islands, when comparing the sizes in terms of CW of *G. grapsus*, they did not follow a normal distribution (Kolmogorov-Sminov, $p < 0.05$). Hence the nonparametric test, Kruskal-Wallis test by ranges was carried out, where the sizes of *G. grapsus* in terms of CW did not indicate significant difference between the rock crabs of Guasayeye, La Ventana and San Lucas islands.

For comparative purposes, W (g) of the rock crabs between the islands were also statistically analysed. They did not present a normal distribution (Kolmogorov-Sminov, $p < 0.05$), except for the population from Isla La Ventana (Kolmogorov-Sminov, $p > 0.05$). So the homoscedasticity test was omitted, opting for a

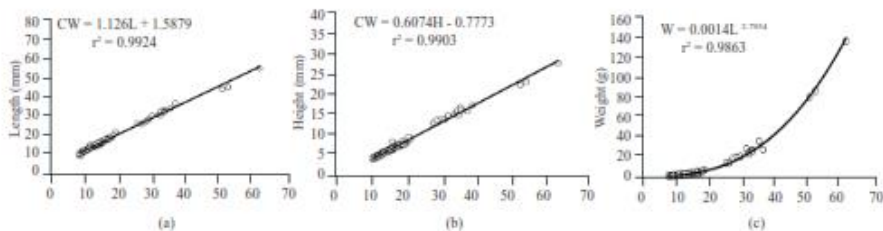
nonparametric test (Kruskal-Wallis test by ranges), resulting in nonsignificant differences in weight between the organisms in the three islands. Linear equations were obtained when correlating the morphometric variables of width, length and height. In all cases, the correlation coefficients (r^2) were above 0.98, which indicated high dependence on the morphometric variables of the rock crabs in the islands of Navachiste Bay. When analysing correlation between the width of cephalothorax and weight, a slope (b) of 2.79 was obtained ($p = 0.95$), which reveals that the population of *G. grapsus* presents an isometric growth (Fig. 1).

The estimation of fecundity per female of *G. grapsus* in the islands, recorded an average 9,245 eggs, with a maximum and minimum variation of 122,287 and 511 eggs, which coincided in San Lucas Island (Table 2).

The organisms were collected above the rocks or between craters among the rocks during night, which corroborates with the observations of Freire *et al.* (2010) who indicated that *G. grapsus* are most active during night. Rock crabs with larger sizes were always located above boulders and usually when they are caught by other crabs of the same species; they enter the coastal lagoon as a defense mechanism (Romero, 2003b). In addition, larger *G. grapsus* exhibit colour variations from olive green to

Table 2. Maximum, minimum and average of total weight of female (TW), wet weight of egg mass (EW) and fecundity (FEC) of *Grapsus grapsus*

Island		TW (g)	EW (g)	FEC (No. of eggs per female)
Guasayeye	Max.	8.6	0.169	16,135
	Min.		0.024	648
	Average		0.069	4,201
La Ventana	Max.	8.3	0.070	2,800
	Min.		0.011	519
	Average		0.038	1,326
San Lucas	Max.	87.5	2.505	122,287
	Min.		0.014	511
	Average		0.551	22,208

Fig. 1. Biometric relationships of (a) width-length, (b) width-height (mm) and (c) length-weight (g) of *Grapsus grapsus* in the islands of Navachiste Bay

red orange, as reported by Romero (2003a), Fernandez Sanchez (2012) and Freire *et al.* (2010), who attributed the colour variations to reproductive stages and aggressive nature.

The larger sized rock crabs were collected in San Lucas over rocky habitats with abundant bivalve molluscs species *viz.*, *Crassostrea corteziensis*, *Magallan gigas* and *Saccostrea palmula*, while in Guasayeye Island, smaller sized juvenile *G. grapsus* were dominating which were found associated with the gastropod *Cerithium sternuscarum*. Crabs of small sizes were found on the island La Ventana, which has smaller areas of rocks. Furthermore, it was observed that rock crabs were associated with crustacean cirripedes (barnacles) and macroalgae, which according to Romero (2003b) and Arteta-Bonivento (2009) are constantly depredate both groups.

The size of *G. grapsus* in terms of carapace width recorded in the present study was found to be lower than those reported by Brusca (1980), who recorded *G. grapsus* between 40 to 90 mm width. However, this author's collection of rock crabs corresponded to a very specific collection area *i.e.*, islands of Navachiste Bay in the intertidal area of the Gulf of California. The islands Guasayeye, La Ventana and San Lucas covered in the present study are located within Navachiste Bay in the southern centre of the Gulf of California.

Gutiérrez-Rubio *et al.* (2018), recorded average size of 41.4 mm CW and 31.5 g weight for *G. grapsus* in the intertidal zone of islands of Mazatlan Bay located south of Sinaloa, which is well above those registered during the present study. It is evident that the size and weight of the population of rock crab in Navachiste Bay could be related mainly to salinity, since this bay is located in a semi-enclosed area that is connected to the Gulf of California by two permanent openings, where salinity varies throughout the year due to precipitation (Flores-Campana *et al.*, 2012) and by the flow of marine currents to the lagoon system or *vice versa* (Sanchez-Lindoro *et al.*, 2017). On the other hand, the islands that are located in Mazatlan Bay are completely connected to the Gulf of California, that is to say, completely marine water, where salinity of the bay are not influenced by precipitations. However, the presence of the rock crab in the intertidal region of the Guasayeye, San Lucas and La Ventana islands (Navachiste Bay) is of particular interest for studies related to these ecosystems, due to the fact that some authors have indicated greater incidence of *G. grapsus* in an intertidal rocky marine habitat (Brusca, 1997; Freire *et al.*, 2010; Gutiérrez-Rubio *et al.*, 2018) than in a lagoon ecosystem.

In crustaceans of commercial interest, the use of length-frequency models allows analysing the structure of a population through the distribution of frequencies of mode in length and weight as in the spiny lobsters (Puga-Lopez *et al.*, 2015), penaeid shrimps (Felix Ortiz *et al.*, 2014) and brachyuran crabs (Guerrero and Arana, 2009; Peiro and Mantelatto, 2011; Rivera-Velazquez *et al.*, 2018). Sometimes, it is convenient to use mode rather than the average for population analysis of fishery resources. As it is acknowledged that the standard measure is more common than the average; however, sometimes the mode and the average do not coincide, hence mode is a better representative than the average for any fishery evaluation.

In this study, the values of the means and mode of width, length and height of *G. grapsus* were very similar which imply that the morphological interpretation of the population of rock crab can be used for their fishery evaluation. Although, with respect to weight, both variables (mean and mode) were not similar. Therefore, a better population analysis of this resource in this area would be more advisable using the average than the mode in terms of weight in *G. grapsus*.

Estimation of fecundity per female of *G. grapsus* showed that the maximum and minimum sizes coincided with the crabs collected in San Lucas Island. The female with highest body weight (137.5 g) and egg mass weight (2.5 g) was observed in this island. The relationship between the lower body sizes and lower fecundity as observed in the present study in the Guasayeye, La Ventana and San Lucas islands, corroborates with the findings by Teschima *et al.* (2007) in *G. grapsus* females and in females of *Macrobrachium amazonicum* by Aya-Baquero and Velasco-Santamaria *et al.* (2013), indicating that there is a direct relationship between the size of the female and the number of eggs.

Estimation of fecundity in fishing populations is of special interest in terms of the relationship between the reproductive potential of the species and the capacity for renewal of populations. In addition, it represents a basic aspect in the biological knowledge of the reproductive strategy and evolution of the population. Fecundity represents the potential reproductive capacity of an adult female, that is, the number of eggs produced during spawning; furthermore, it is closely related to the population survival capacities (Bagenal, 1978; Escamilla-Montes *et al.*, 2013). It is an important parameter for estimating the reproductive capacity and size of "future recruitment" of different crustacean species or populations (Hattori and Pinheiro, 2001). Fecundity observed in this study, was well below the one recorded by Teschima *et al.* (2007) for the same species and in Western Atlantic with an average fecundity of 23,873 eggs per female, as well as

Gutiérrez-Rubio (2015) in females of *G. grapsus* with an average of 23,354.8 eggs in the islands Lobos, Venados and Pajaros of Mazatlan Bay. The size of the abdomen recorded in the present study were also found lower than those indicated in the above studies.

In contrast to the present finding in *G. grapsus*, Escamilla-Montes (2013) estimated average values above one million eggs per female for commercial crabs *Callinectes arcuatus* and *Callinectes bellicosus*, which indicates that females with larger sizes have higher fecundity. Ramirez Llodra (2002) and Clores and Ramos (2013) have indicated that variations in fecundity of females are directly related to the fact that a female is spawning for the first time. The variations in fecundity of crustaceans have been attributed to the size of females, with their latitudinal distribution and with the habitats (Teschima *et al.*, 2007; Guerrero and Arana, 2009; Freire *et al.*, 2010; Clores and Ramos, 2013).

Results of the present study provides basic information on the size composition, morphometric relationships and fecundity of *G. grapsus* which can be useful for setting fishing regulatory measures for this important resource in the islands of Navachiste Bay.

Acknowledgements

This study is part of a doctoral degree thesis. The author thanks CONACYT for the scholarship, personnel of the Consolidated Academic Body Management of Fishing Resources (UAS-CA-2104), Jennifer Tirado Lopez for the field analyses, Jorge Elenes Lizarraga for translation of manuscript and the coastal fishermen of the Navachiste Bay.

References

- Anon. 1988. *Islands of the Gulf of California*. Federal District: Secretariat of the Navy / National Autonomous University of Mexico, Mexico City, Mexico, 292 pp. (In Spanish).
- Aragon-Noriega, E. A., Mendivil-Mendoza, J. E., Alcantara-Razo, E., Valenzuela-Quinonez, W. and Felix-Ortiz, J. A. 2017. Multi-criteria approach to estimate growth curve in the marine shrimp *Penaeus vannamei*, (Decapoda: Penaeidae). *Crustaceana*, 90(11-12): 1513-1531. DOI.org/10.1163/15685403-00003729.
- Arteta-Bonivento, R. 2009. Crabs in the Delta Rio Rancheria, Riohacha (Colombia) (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.*, 13(1): 140-152 (In Spanish).
- Arzola-Gonzalez, J. F. and Flores-Campana, L. M. 2008. Alternatives for the exploitation of decapod crustaceans from the El Verde stream, Camacho, Sinaloa, Mexico. *Universidad y Ciencia*, 24(1): 41-48 (In Spanish).
- Arzola-Gonzalez, J. F., Flores-Campana, L. M. and Vazquez-Cervantes, A. 2010. Intertidal decapod crustaceans from the islands off the coast of Sinaloa, Mexico. *Universidad y Ciencia*, 26(2): 179-193 (In Spanish).
- Aya-Baquero, E. and Velasco-Santamaria, Y. 2013. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) from the Piedmont Plains of Colombia. *Rev. MVZ Cordoba*, 18(3): 3773-3780 (In Spanish).
- Arzola-Gonzalez, J. F., Perez-Gonzalez, R., Munoz-Garcia, I., Gutierrez-Rubio, Y. and Flores-Campana, L. M. 2011. Distribution of lobster sizes *Panulirus inflatus* and *Panulirus gracilis* in the fishery of southern Sinaloa, Mexico. *Rev. Lat. Rec. Nat.*, 7(1): 15-50 (In Spanish).
- Bagenal, T. 1978. Aspects of fish fecundity. In: *Methods of assessment of fish production in freshwaters. Handbook*, Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, UK, 98 pp.
- Barcenas-Gutierrez, S. Q. and Jauregui-Velazquez, E. E. 2017. Aspects of the behaviour of *Grapsus grapsus* in the intertidal zone of Puerto Vallart, Jalisco, Mexico. *BIOCTT*, 10(37): 672-686 (In Spanish).
- Brusca, R. 1980. *Common intertidal invertebrates of the Gulf of California*. The University of Arizona Press, Arizona, USA, 571 pp.
- Clores, M. A. and Ramos, G. B. 2013. Reproductive characteristics of the brachyuran crab, *Grapsus temicristatus* (Decapoda: Grapsidae) found in Talim Bay, Batangas, Philippines. *Arthropods*, 2(3): 111-125.
- Escamilla-Montes, R., De la Cruz-Aguero, G., Villalejo-Fuerte, M. T. and Diarte-Plata, G. 2013. Fertility of *Callinectes arcuatus* and *C. bellicosus* (Decapoda: Brachyura: Portunidae) in Ensenada La Paz, Gulf of California, Mexico. *Universidad y Ciencia*, 29(1): 53-61 (In Spanish).
- Felix-Ortiz, J. A., Siu-Quevedo, E., Castaneda-Lomas, N., Rodriguez-Dominguez, G., Rodriguez-Montes de Oca, G. and Aragon-Noriega, E. A. 2014. Species composition and timing of penaeid shrimp post-larvae (Decapoda: Penaeidae) in the two zones of the Mexican Pacific Coast. *Crustaceana*, 87(7): 801-813.
- Fernandez Sanchez, E. 2012. Effect of the opponent's colour on the aggressive behaviour of the *Grapsus grapsus* (Crustacea: Decapoda). *An. Univ. Etol.*, 6: 1-10 (In Spanish).
- Flores-Campana, L. M., Ortiz-Arellano, M. and Arzola-Gonzalez, J. F. 2003. Islands and islets. In: Cifuentes-Lemus J. L. and Gaxiola-Lo Lopez, J. (Eds), *Atlas of the ecosystems of Sinaloa*, The College of Sinaloa, Mexico, p. 111-126 (In Spanish).
- Flores-Campana, L. M., Gonzalez-Montoya, M. A., Ortiz-Arellano, M.A. and Arzola-Gonzalez, J. F. 2007. Population structure of *Chiton articulatus* in the Pajaros and Venados islands of the Mazatlan Bay, Sinaloa, Mexico. *Rev. Mex. Biod.*, 78: 23S-31S (In Spanish).

Yecenia Gutierrez Rubio *et al.*

134

- Flores-Campana, L. M., Arzola-Gonzalez, J. F., Ramirez-Soto, M. and Osorio-Perez, A. 2012. Impact of global climate change on the state of Sinaloa. *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.*, 21: 115-129 (In Spanish).
- Freire, A. S., Pinheiro, A. A., Karam-Silva, H. and Teschima, M. M. 2010. Biology of *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758) (Decapoda: Brachyura) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial, Atlantic Ocean. *Helgol. Mar. Res.*, DOI 10.1007/s10152-010-0220-5.
- Guerrero, P. and Arana, P. 2009. Size structure and sexual maturity of the golden crab (*Chenon chilensis*) exploited off Robinson Crusoe Island, Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37: 347-360. DOI:10.3856/vol37-issue3-fulltext-6.
- Gutiérrez-Rubio, Y. 2015. *Size structure, biometric relationships, fertility and growth of the rock crab Grapsus grapsus in the intertidal zone of the Lobos, Venados and Pajaros islands of the bay of Mazatlán, Sinaloa, Mazatlán.* Masters Thesis, Faculty of Marine Sciences, Autonomous University of Sinaloa, Mexico (In Spanish).
- Gutiérrez-Rubio, Y., Perez-Gonzalez, R., Campos, E. and Arzola-Gonzalez, J. F. 2018. Size structure and biometric relationships of the rock crab *Grapsus grapsus* in the islands Lobos, Venados and Pajaros, Sinaloa, Mexico. *Hidrobiologica*, 28(1): 31-36. DOI: 10.24275/uam/izt/dcb/2018v28n1/Arzola (In Spanish).
- Hendricks, M., Brusca, R. and Findley, L. T. 2005. *List and distribution of the macrofauna of the Gulf of California, Mexico. Part I. Invertebrates.* Arizona-Sonora Desert Museum, Arizona. 429 pp. (In Spanish).
- Hattori, G. Y. and Pinheiro, M. A. 2001. Fecundity and embryology of *Pachycheles monilifer* (Anomura: Porcellanidae) at Praia Grande, Ubatuba, SP, Brazil. *Nauplius*, 9(2): 97-109.
- Ortiz-Arellano, M. A. and Flores-Campana, L. F. 2008. *Descriptive and illustrative catalog of molluscs in the intertidal zone of the islands of the bay of Navachiste, Sinaloa, Mexico.* Autonomous University of Sinaloa, Sinaloa, Mexico, 157 pp (In Spanish).
- Peiro, D. F. and Mantelatto, I. L. 2011. Population dynamics of pea crab *Austinia aida* (Brachyura, Pinnotheridae): a symbiotic of the ghost shrimp *Callinectes major* (Thalassinidea, Callinassidae) from the south-western Atlantic. *Iheringia, Serie Zoologia*, 101(1-2): 5-14 (In Spanish).
- Puga-Lopez, D., Patino-Valencia, J. L., Hernandez-Cuarrubias, V., Ulloa-Ramirez, P. A., Torres-Herrera, M. R. and Ponce-Palafox, J. T. 2015. Reproductive aspects of spiny lobster *Panulirus* spp. on the coasts of Nayarit, Mexico. *Ciencia Pesquera*, 23(1): 13-24 (In Spanish).
- Ramirez Llodra, E. 2002. Fecundity and life history strategies in marine invertebrates. *Adv. Mar. Biol.*, 43: 87-170. DOI:10.1016/S0065-2881(02)43004-0.
- Rivera-Velazquez, P. Y., Aragon-Noriega, E. A., Rodriguez-Dominguez, G., Perez-Gonzalez, R. and Castillo-Vargasmachuca, S. G. 2018. Growth, maturity and mortality of the blue crab *Callinectes arcuatus* (Decapoda: Portunidae) in a Mexican coastal lagoon. *Crustaceana*, 91(6): 659-675. DOI.org/10.1163/15685403-00003794.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation on biological statistics of fish populations. *J. Fish. Res. Board Can.*, 191: 1-382.
- Rodriguez-Dominguez, G., Castillo-Vargasmachuca, S., Perez-Gonzalez, R. and Aragon-Noriega A. E. 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. DOI:10.1163/156854012X623700.
- Romero, L. 2003a. Reproductive behaviour and mutilations in the rock crab *Grapsus grapsus* (Crustacea: Decapoda). *Rev. Peru Biol.*, 10(2): 195-202 (In Spanish).
- Romero, L. 2003b. Observations on the social behaviour of the rock crab *Grapsus grapsus*. *Rev. Peru Biol.*, 11(1): 112-119 (In Spanish).
- Sanchez-Lindoro, F. J., Jimenez-Illescas, A. R., Espinoza-Carrion, T. L. and Obeso-Nieblas, M. 2017. Hydrodynamic model in the Lagunar Navachiste system, Guasave, Sinaloa, Mexico. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 52(2): 219-231. DOI: 10.4067/S0718-19572017000200003 (In Spanish).
- StatSoft 2004. *Statistics for Windows, Manual ver. 7.0.* StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA.
- Teschima, M. M., Aguiar, M. M., Farias, E., Meneses, B. S., Moreira, M. C., Pinheiro, M. A. and Freire, A. S. 2007. Fertility of the crab *Grapsus grapsus* in the Archipelago of Sao Pedro and Sao Paulo. In: *Summaries of the VII Latin-American Congress of Sciences of the Sea*.
- Zar, J. H. 2009. *Biostatistical analysis*, 3rd edn, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, USA, 960 pp.

Date of Receipt : 07.03.2019

Date of Acceptance : 02.01.2020

Anexo 3. Artículo indexado publicado: Journal MVZ Cordoba.



Journal MVZ Cordoba
2021; January-April. 26(1):e1953.
<https://doi.org/10.21897/rmvz.1953>



Original

Reproductive aspects of *Grapsus grapsus* (Decapoda: Grapsidae) on islands of the southeastern Gulf of California

Yecenia Gutiérrez-Rubio¹ M.Sc; Juan F. Arzola-González^{1*} Ph.D; Raúl Pérez-González¹ Ph.D;
Guillermo Rodríguez-Domínguez¹ Ph.D; José Salgado-Barragán² Ph.D;
Jorge S. Ramírez-Pérez³ Ph.D; Adrián González-Castillo¹ Ph.D.

¹Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos. Mazatlán, Sinaloa, México.

²Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Joel Montes Camarena, Cerro del Vigía. Mazatlán, Sinaloa, México.

³Universidad Politécnica de Sinaloa. Carretera Municipal Libre Mazatlán Las Higueras, Mazatlán, Sinaloa, México.

Correspondencia: farzola@uas.edu.mx

Received: March 2020; Accepted: August 2020; Published: November 2020.

RESUMEN

Objetivo. Se analizó la proporción de sexos, hembras ovígeras, talla de primera madurez sexual y fecundidad del cangrejo roca *Grapsus grapsus* en islas Lobos, Venados y Pájaros (sureste del Golfo de California). **Materiales y métodos.** Los muestreos fueron mensuales entre marzo 2011 y febrero 2012, las colectas fueron nocturnas durante la bajamar, se obtuvieron en un cuadrante (25 m²) por isla 30 organismos al azar, se les determinó el AN (mm) y PT (g). Se estimó la proporción de sexos y talla de primera madurez sexual (AN_{50%}), se analizaron en hembras grávidas, las fases embrionarias y la fecundidad (método gravimétrico). **Resultados.** La proporción de M:H fue 1:1.3. La talla media de primera madurez fue AN_{50%} 34.9 mm. Es evidente la presencia de hembras ovígeras (71.3%) y todas las fases embrionarias, la fase rojo-naranja fue la mayor representada en 48%. La variación del diámetro del huevo fue 1.1 a 5 µm y el promedio de 3.05 µm. La fecundidad media fue 24339.3 cigotos. El máximo y mínimo peso de hembras ovígeras fue 69.9 y 15.2 g, respectivamente. **Conclusiones.** Con base a las características biológicas del recurso tales como la proporción de sexos, hembras ovígeras, talla de primera madurez sexual y fecundidad en la población de *G. grapsus*, representa un efecto favorable en su posterior administración y manejo de este recurso en esta zona.

Palabras clave: Aspectos reproductivos; *Grapsus grapsus*; islas; Pacífico mexicano (Fuente: CAB Thesaurus, USDA).

ABSTRACT

Objective. The sex ratio, proportion of ovigerous females, length at sexual maturity and fecundity of *Grapsus grapsus* crabs in the Lobos, Venados and Pajaros islands (southeastern Gulf of California) were analyzed. **Materials and methods.** Sampling was conducted monthly between March 2011

How to cite (Vancouver).

Gutiérrez-Rubio Y, Arzola-González JF, Pérez-González R, Rodríguez-Domínguez G, Salgado-Barragán J, Ramírez-Pérez JS, González-Castillo A. Reproductive aspects of *Grapsus grapsus* (Decapoda: Grapsidae) in islands of southeastern Gulf of California. Rev MVZ Cordoba. 2021; 26(1):e1953. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1953>



©The Author(s), Journal MVZ Cordoba 2020. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), lets others remix, tweak, and build upon your work non-commercially, as long as they credit you and license their new creations under the identical terms.

ISSN: 0123-0268

and February 2012, during the night at low tide. Thirty crabs were collected in a quadrant (25 m²) at each sampling site on each island. cw (mm) and w (g) were determined. The sex ratio and size at sexual maturity (cw_{50%}) were estimated, and for ovigerous females, embryonic stages and fecundity (gravimetric method) were determined. **Results.** The sex ratio (M:F) was 1:1.3. The average size at sexual maturity (cw_{50%}) was 34.9 mm. The majority of females were ovigerous (71.3%), and 48% of the embryos of ovigerous females were at the red-orange phase. Egg diameter ranged from 1.1 to 5 µm, with an average of 2.05 µm. The mean fecundity was 24339.3 eggs. The maximum and minimum weight of ovigerous females was 69.9 and 15.2 g. **Conclusions.** The studied characteristics of sex ratio, proportion of ovigerous females, length at sexual maturity and fecundity of *G. grapsus*, indicate the effective administration and management of this resource in this area.

Keywords: Reproductive aspects; *Grapsus grapsus*; islands; Mexican Pacific (Source: CAB Thesaurus, USDA).

INTRODUCTION

Crustaceans are of great nutritional and economic importance to humans. They comprise a resource that contributes a considerable amount of foreign currency to Mexico as exports. Furthermore, many species of crustaceans are considered ecological regulators due to their roles as consumers or contributors to the diets of other species, many of which are of commercial importance (1). Crustaceans are common inhabitants of marine and coastal ecosystems and are abundant on islands as members of very diverse intertidal communities (2,3).

During periods of fishery closures or low availabilities of the resources typically harvested along the Sinaloa coast, coastal fishermen engage in other activities, such as agriculture (4) or the capture of alternative fishery resources. These alternative resources include some species of crustaceans that can be readily caught in shallow waters or in the intertidal zone. One of these species is the rock crab *Grapsus grapsus* (Linnaeus, 1758), which is used locally as a family food supplement (5) and as bait for fish fishing throughout the year (2).

The rock crab *G. grapsus* is a poorly studied species despite its wide distribution. It occurs on rocky Atlantic beaches from Florida to Brazil, along the Pacific coastline from California to Chile and on the Galapagos Islands in the Pacific (6,7). In Sinaloa, Mexico, it is found in rocky areas of the coast and islands (2). Some reproductive aspects of the rock crab on the coasts of the Atlantic Ocean have been analyzed (3,8,9).

In northwest Mexico, studies on *G. grapsus* have been limited to taxonomic and habitat data of crabs collected as reference collections (2). On the islands of the state of Sinaloa, research on the reproductive aspects in *G. grapsus* is absent. In contrast, various aspects of the biology of other decapod crustaceans in the Mexican Pacific, such as spiny lobster *Panulirus gracilis* (9), *Callinectes bellicosus* (10) and *Callinectes arcuatus* (11) have been analyzed.

This research was carried out to obtain information on the sex ratio, length at maturity, and fecundity of *G. grapsus* in the intertidal zone on Lobos, Venados and Pajaros islands in the southeastern Gulf of California, Mexico.

MATERIAL AND METHODS

Sampling and collection sites: Monthly crab sampling was carried out between March 2012 and February 2013 at GPS georeferenced sites in the intertidal zone of Lobos, Venados and Pajaros Islands of Mazatlan Bay, Sinaloa, Mexico, within the región 22°13'20'' - 23°15'17'' N and 106°27'59'' - 106°28'41'' W in the southeast Gulf of California (Figure 1).

Lobos island has a coastline with abundant large rocks (12). Venados Island has a long beach area with a few rocky, clayey headlands; however, at low tide, a large number of rocks are exposed. Pajaros Island has a wide rocky-sandy area (4).

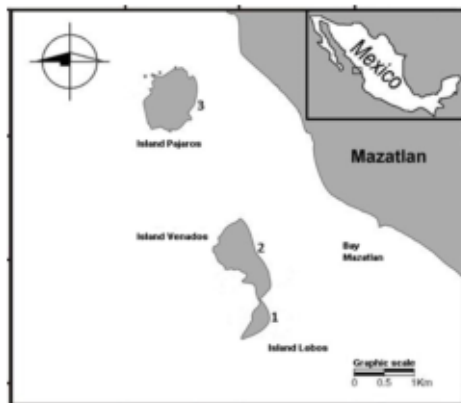


Figure 1. Location of the study area.

A nightly sampling of crabs was carried out at low tide during spring tides within a 2X25 m quadrant established parallel to the coastline and with the lower limit on the low tide line of each site (3). Thirty *G. grapsus* organisms per island were collected at random (without selectivity of size or sex), deposited in plastic bags containing sea water and transported to the laboratory in an ice chest. The organisms were measured for total width (CW) with a digital Vernier caliper (0.01 mm) and for total weight (W) with a digital scale (0.1 g sensitivity).

Sexual differentiation, sex ratio, and size at maturity: Brachyuran crabs present sexual dimorphism. Males have a narrow abdomen, whereas adult females have a very wide one that covers most of the sternum. In addition, juveniles and mature females present biramous pleopods, whereas males possess a pair of uniramous pleopods. The sex ratio was estimated, and an X^2 test was performed to test the hypothesis of a sex ratio of 1:1(13). In addition, the percentages of ovigerous and nonovigerous females were calculated. The coloration of the egg sponge of ovigerous females, inactive of the stages of embryonic development, was recorded as follows: a) Orange, b) Red-orange, c) Light brown, and d) Dark brown (3,8,14). Size at maturity ($AN_{50\%}$) was estimated by fitting a logistic model to the data of the proportion of mature females for each length interval (11).

Fecundity: The fecundity of each ovigerous females was determined by the gravimetric method (15). The ovigerous mass (eggs) was

removed from each female and dried at 50 °C for 30 min. During this time, the eggs were constantly moved manually to improve the drying of the eggs.

After drying, the eggs were placed on aluminum trays and weighed to determine the dry weight of the egg mass on a digital scale (± 0.001 g sensitivity). From each dry egg mass, three 0.5 g samples were randomly collected and placed separately in Petri dishes. The eggs in each sample were counted with a stereoscopic microscope and the average number of eggs of the three samples and the total weight of the dry mass were used to extrapolate the total number of eggs (fecundity) for each ovigerous female (15). A total of 30 eggs were measured (μm). Measurements of eggs were processed and analyzed using Opticam® photomicroscope.

RESULTS

A total of 926 rock crabs were analyzed, of which 407 were females (44%) and 519 were male (56%). The M:F sex ratio was 1:1.13 ($X^2=15.2$, $p<0.05$). The sizes and weights of the crabs were significantly different among the islands (Kruskal-Wallis, $p<0.015$) (Table 1).

Table 1. Dunn's multiple comparison test results for CW (mm) and W (g) of *G. grapsus* in the intertidal zone of islands in the southeastern Gulf of California. Equal or common letters indicate lack of significant difference between mean values.

	Island		
	Lobos	Venados	Pajaros
CW (mm)	39.91 _b	41.47 _{ab}	42.80 _a
W (g)	28.42 _b	32.29 _{ab}	33.75 _a

It is evident that the variation between the sexes is related to the reproductive phase of the females. The high incidence of females in the ovigerous stage (71.3%) throughout the study area, indicates that the *G. grapsus* females in this zone reproduce continuously (Figure 2). In addition, all embryonic phases were observed in this study. Among the ovigerous females, those with orange-red eggs registered the highest percentage, 48.8%, and those with dark brown eggs had the lowest, 26.4% (Figure 3). Eggs diameter varied between 1.1 and 5 μm , with an average of 3.05 μm .

Gutiérrez-Rubio et al - Reproductive aspects of *Grapsus grapsus*

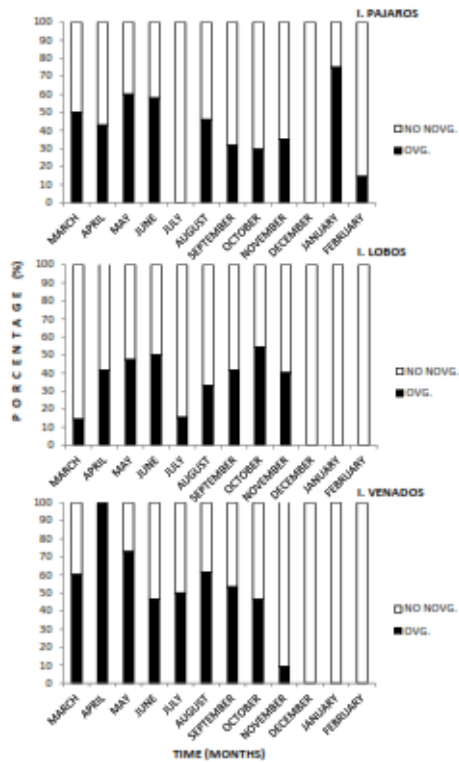


Figure 2. Monthly variation in the proportions of ovigerous and nonovigerous females of *G. grapsus* in the intertidal zone of islands in southeastern Gulf of California.

The average size at maturity of female crabs was 34.87 mm CW (Figure 4). The average fecundity was 24,339.3 eggs per female, the maximum fecundity was 42,827.5 eggs (Venados Island), and the minimum was 12,682.4 eggs (Venados and Pajaros Islands). The maximum and minimum weight of ovigerous females was 69.9 and 15.2 g, respectively (Table 2).

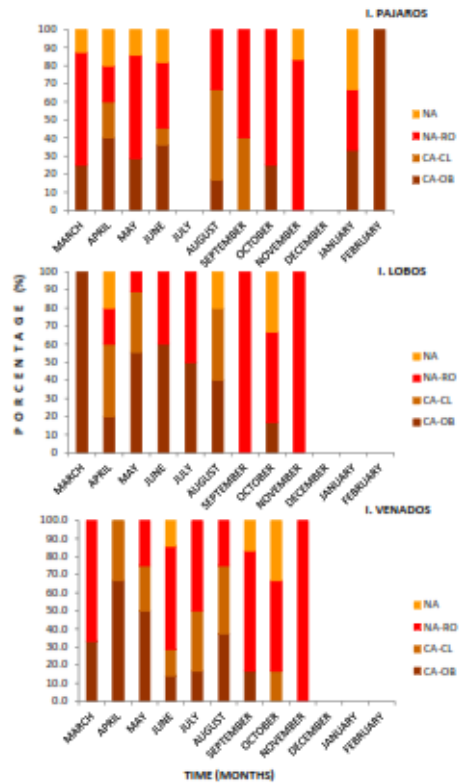


Figure 3. Percentage frequency of sexual stages in *G. grapsus* females in the intertidal zone of islands in the southeastern Gulf of California (Ca-Ob=dark brown eggs, Ca-Cl=light brown eggs, Na-Ro=orange-red eggs, Na=orange eggs).

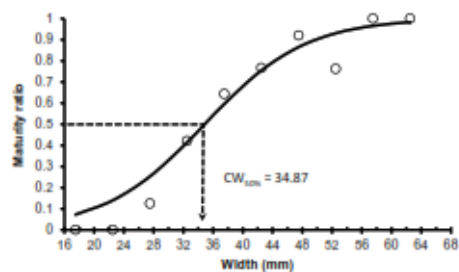


Figure 4. Size at maturity of *G. grapsus* females in the intertidal zone of islands in the southeastern Gulf of California.

Gutiérrez-Rubio et al - Reproductive aspects of *Grapsus grapsus***Table 2.** Maximum, minimum, average and standard deviation (SD) of female total weight (PTH), dry weight of the eggs mass (g) (PSMO) and fecundity (FEC) of *G. grapsus* in the intertidal zone of islands in the southeastern Gulf of California. * no ovigerous females obtained.

	Pajaros Island			Lobos Island			Venados Island		
	PTH	PSMO	FEC	PTH	PSMO	FEC	PTH	PSMO	FEC
Mar	46.5	0.314	20157.9	69.96	0.239	23658.8	46.0	0.393	27778.1
Apr	60.0	0.356	23105.8	34.02	0.260	13142.7	54.9	0.195	12785.7
May	32.1	0.288	21347.2	38.43	0.315	20475.6	43.7	0.704	42827.5
Jun	46.2	0.515	41631.6	51.2	0.576	36335.4	42.8	0.331	16681.1
Jul	30.5	*	12682.4	30.5	0.324	26909.5	27.2	0.214	12682.4
Agu	31.5	0.223	14309.3	28.6	0.310	27654.6	32.3	0.295	20188.6
Sep	32.4	0.192	15936.1	26.7	0.278	28399.7	37.4	0.376	27694.7
Oct	25.0	0.251	21196.1	38.0	0.249	21542.5	20.0	0.209	24381.1
Nov	36.0	0.393	38576.7	30.1	0.340	26119.6	15.2	0.249	25808.6
Dic	43.8	0.401	37008.9	*	*	*	*	*	*
Jan	51.5	0.410	35441.2	*	*	*	*	*	*
Feb	45.3	0.276	14733.4	*	*	*	*	*	*
Max.	60.0	0.515	38576.7	69.9	0.576	36335.4	54.9	0.704	42827.5
Min.	25.0	0.223	12682.4	26.7	0.239	13142.7	15.2	0.195	12682.4
Average	40.1	0.329	24677.2	38.6	0.321	24915.4	35.5	0.329	23425.3
SD ±	10.4	0.095	10537.1	13.9	0.101	6390.9	13.0	0.158	9386.1

DISCUSSION

The percentages of sexes of *G. grapsus* did not present a pattern that allows defining a segregation between females and males, as has been described in other decapod crustaceans of commercial interest in some of the main bays of Sinaloa, such as *Callinectes bellicosus* (10), *Panulirus inflatus* and *Panulirus gracilis* (14).

Although monthly variation in the sex ratio was observed, sex showed dominance over the other, possibly indicating that the two sexes do not compete for spaces, settlement or refuge (2). The population inhabits rocky substrates, which are common on these islands (12).

The sex ratio of the *G. grapsus* population is an indicator of stability; although the males dominated slightly in the samples on the islands, there was no significant bias in the sex ratio. This finding is consistent with the findings regarding the percentage of ovigerous females in the population, which indicates that *G. grapsus* actively reproduces in this area. However, the percentages of ovigerous and nonovigerous females differed among the three islands. Regarding potential *G. grapsus* fishery regulations, Pajaros Island could be considered as a refuge. On this island, the reproduction and the presence of ovigerous females of the rock crab

are continuous throughout the year. In contrast, on Lobos and Venados Islands, ovigerous females were absent between December and February. The rock crab population on these islands should continue to be analyzed to determine the months with the highest proportions of ovigerous females and thus the main reproductive period of *G. grapsus* females. This information could be used to guide the selection of closure periods for the protection of this resource.

On all three islands, the embryonic phase that predominated was the orange-red phase. It is possible that this phase spans a longer period of time than the other phases. Among the phases, this phase accounted for the highest number of eggs (fecundity) of *G. grapsus* ovigerous females.

The embryonic phase representing the second highest percentage was the dark brown, corresponding to eggs in the last stage of maturation. The dark color of the eggs in this phase is related to the development of the eyes of the nauplius larvae (16) and the eggs in this phase are possibly approaching hatching. This phase of embryonic development was the only phase that was observed in February and March on Pajaros and Lobos Islands, respectively. The rest of the year females with dark brown eggs (close to spawn) and females with eggs of the first embryonic phase were found simultaneously.

The period of embryonic development in this area may comprise a short period of time, as it does in other brachyuran crabs, such as *Callinectes sapidus*, in which embryonic development spans 12 days (17).

The size at maturity estimated for *G. grapsus* in this area (34.8 mm) is very similar to that estimated for this species in Ecuador $CW_{50\%} = 33.8$ mm (18). A congener, *Grapsus adscensionis*, reaches morphological maturity at a cephalothorax width of 43 mm (19). In all three species, the height at maturity has been reported to reach slightly above 50% of the maximum size in females (between 55 and 58%), as has been reported for other grapsid crabs (19). In this study, the size at maturity refers to the size at morphological maturity; however, it has been reported that physiological maturity occurs at the same time as morphological maturity in species of this genus (18,19).

This study is the first to determine the size at maturity of the rock crab in the southeastern Gulf of California. It can serve as a base study for future population research on this species and for the formulation of fisheries management proposals for *G. grapsus* in this area. Another species of crabs, was estimated the size of first maturity such as in *Checeon notialis* (17). Becerra Ribeiro et al. (18) determined a minimum size of

first maturity in CW in *Sesarma rectum* of 22.97 mm, both studies carried out in northwestern Brazil. In *C. sapidus*, Severino-Rodrigues et al. (19) estimated a minimum size of first maturity in 103.3 mm (CW), in addition these authors pointed out that the reproductive activity of this specie occurs at larger size.

It is important to continue analyzing the first maturity sizes of *G. grapsus* in this area since their variation could be related to the reproductive strategies of the population. Pointing out the first maturity size in the catches can prevent preventing the stock from being overexploited.

Conflict of interests

The authors of this study declare that there is no conflict of interest with the publication of this manuscript.

Acknowledgments

The authors acknowledge CONACYT for the scholarship awarded to the first author (CVU 90357) and the resources granted to projects SIN-2006-COI-37437 and PROFAPI, 2007-127. They also acknowledge the staff of the Consolidated Academic Group on Fishery Resources Management (UAS-CA-2104) and two reviewers for their valuable observations.

REFERENCES

- Hernández C, Álvarez F, Villalobos JL. Crustáceos asociados a un sustrato duro en la zona intermareal de Montepio, Veracruz, México. *Rev Mex Biodivers*. 2010; 81:S141-S151. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.0.217>
- Arzola González JF, Flores Campaña LM, Vázquez Cervantes A. Crustáceos decápodos intermareales de las islas de la costa de Sinaloa, México. *Universidad y Ciencia*. 2010; 26(2):179-193. <http://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/175/133>
- Freire AS, Pihneiro MAA, Karam-Silva H, Teschima MM. Biology of *Grapsus grapsus* (Brachyura: Grapsidae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago Equatorial Atlantic Ocean. *Helgol Mar Res*. 2010; 65(3):263-275. <http://dx.doi.org/10.1007/s10152-010-0220-5>
- Gutiérrez Rubio Y, Pérez González R, Campos E, Arzola González JF. Estructura de tallas y relaciones biométricas del cangrejo roca *Grapsus grapsus* en las islas Lobos, Venados y Pájaros, Sinaloa, México. *Hidrobiológica*. 2018; 28(1):31-36. <http://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2018v28n1>
- Arzola González JF, Flores Campaña LM. Alternativas para el aprovechamiento de los crustáceos decápodos del Estero El Verde Camacho, Sinaloa, México. *Universidad y Ciencia*. 2008; 24(1):41-48. <http://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/278/229>

6. Johnson ME, Karabinos MP, Mendiá V. Quaternary intertidal deposits intercalated with volcanic rocky on Isla Sombrero Chino and Galápagos islands (Ecuador). *J Coast Res.* 2010; 26(4):762-768. <http://dx.doi.org/10.2112/jcoastres-d-10-00010.1>
7. Fernández Sánchez E. Efecto del color del oponente en el comportamiento agresivo del *Grapsus grapsus* (Crustacea: Decapoda). *Anl Univ Etol.* 2012; 6(1):1-10. <http://etologia.ulpgc.es//revista2012/Elena%20Fernandez%20Sanchez%201-10.pdf>
8. Clores MA, Ramos GA. Reproductive characteristics of the brachyuran crab *Grapsus tenuicrustatus* (Decapoda: Grapsidae) found in Talim bay, Batangas, Philippines. *Arthropods.* 2013; 2(3):111-125. [http://www.iaees.org/publications/journals/arthropods/articles/2013-2\(3\)/reproductive-characteristics-of-brachyuran-crab-grapsus-tenuicrustatus.pdf](http://www.iaees.org/publications/journals/arthropods/articles/2013-2(3)/reproductive-characteristics-of-brachyuran-crab-grapsus-tenuicrustatus.pdf)
9. Pérez-González R. Catch composition of the lobster *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) of the western coast Mexico. *Lat Am J Aquat Res.* 2011; 39(2):225-235. <http://dx.doi.org/10.3856/vol39-issue2-fulltext-4>
10. Rodríguez-Domínguez G, Castillo-Vargasmachuca S, Pérez-González R, Aragón-Noriega A. Estimation of the individual growth parameters on the brown crab *Callinectes bellicosus* (Brachyura: Portunidae) using a multi-model approach. *Crustaceana.* 2012; 85(1):55-69. <http://dx.doi.org/10.1163/156854012X623700>
11. Ortega-Lizárraga G, Rodríguez-Domínguez G, Pérez-González R, Aragón-Noriega EA. Crecimiento individual y longitud de primera madurez de *Callinectes arcuatus* en Marismas Nacionales, Nayarit, México. *Ciencia Pesquera.* 2016; 27(2):3-11. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/206630/01.pdf>
12. Flores Campaña LM, Arzola-González JF, Ramírez-Soto M, Osorio-Pérez A. Repercusiones del cambio climático global en el estado de Sinaloa, México. *Cuad Geogr Rev Colomb Geogr.* 2012; 21(1):115-129. <http://dx.doi.org/10.15446/rcdg.v21n1.25562>
13. Zar JH. *Biostatistical analysis.* Fifth edition. Prentice-Hall Inc: USA; 2010.
14. Arzola-González JF, Flores-Campaña LM, Ortiz-Arellano MA, Gutiérrez-Rubio Y. Captura y aspectos reproductivos de la pesquería de las langostas *Panulirus inflatus* y *P. gracilis* (Crustacea: Decapoda) en el sur de Sinaloa, México. *Revista Ciencia y Mar.* 2007; 11(31):15-22. http://servcym.umar.mx/Revista/index.php/cienciaymar/issue/view/35/ART31_2
15. Escamilla-Montes R, De la Cruz-Agüero G, Villalejo-Fuerte MT, Diarte-Plata G. Fecundidad de *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* (Decapoda: Brachyura: Portunidae) en la Ensenada La Paz, Golfo de California, México. *Revista Universidad y Ciencia.* 2013; 29(1):53-61. <http://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/42/42>
16. Álvarez F, Villalobos JL, Hendrickx ME, Escobar-Briones E, Rodríguez-Almaraz G, Campos E. Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Rev Mex Biodivers.* 2014; 85:S208-S219. <http://doi.dx.org/10.7550/rmb.38758>
17. Sant'Ana R, Pezzuto PR. Sexual maturity of the deep-sea red crab *Chaceon notialis* (Brachyura: Gereonyidae) in southern Brazil. *Lat Am J Aquat Res.* 2009; 37(3):429-442. <http://doi.dx.org/10.3856/vol37-issue3-fulltext-12>
18. Becerra Ribeiro F, Matthews Cascon H, Arruda Becerra LE. Morphometric sexual maturity and allometric growth of the crab *Sesarma rectum* (Crustacea: Sesarmidae) in an impacted tropical mangrove in northeast Brazil. *Lat Am J Aquat Res.* 2013; 41(2):361-368. <http://doi.dx.org/10.3856/vol41-issue2-fulltext-15>
19. Severino-Rodrigues E, Musiello-Fernandes J, Moura AA, Branco GM, Canéo VO. Fecundity, reproductive seasonality and maturation size of *Callinectes sapidus* females (Brachyura: Portunidae) in the southeast coast of Brazil. *Rev Biol Trop.* 2013; 61(2):595-602. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i2.11162>

Anexo 4. Artículo de divulgación sometido: Revista Aquatic (ESPAÑA).

The screenshot shows the 'Revista Aquatic' website interface. The top navigation bar includes 'INICIO', 'ACERCA DE', 'ÁREA PERSONAL', 'BUSCAR', 'ACTUAL', 'ARCHIVOS', and 'AVISOS'. The user is logged in as 'Archivar'.

USUARIO/A
 Ha iniciado sesión como...
archivar

- Mi perfil
- Cerrar sesión

REVISTA

Objetivo
 Equipo Editorial
 Comité Asesor

INFORMACIÓN

- Para lectores/as
- Para autores/as
- Para administradores/as

CONTENIDO DE LA REVISTA
 Buscar

Ambito de la búsqueda
 Todo
 Buscar

Examinar

- Por número
- Por autor/a
- Por título

AUTOR/A
 Envíos

- Activa (0)
- Archivar (1)
- Nuevo envío

Inicio > Usuario/a > Autor/a > Archivar

Archivar

ACTIVO/A ARCHIVAR

DD-MM	ENVIAR	SECC	AUTORES/AS	TÍTULO	VISTAS	ESTADO
469-08-05	08-05	ART	Arzola Gonzalez, Gutierrez Rubio,...	EL CANGREJO ROCA GRAPSUS GRAPSUS (CRUSTACEA: GRAPSIDAE)...	—	Archivado(s)

Elementos 1 - 1 de 1

Empezar un nuevo envío
 Haga clic aquí para ir al primer paso del proceso de envío en cinco pasos.

Enlaces refback

TODOS	NUOVO	PUBLICADO	OMITIDOS			
FECHA DE CREACIÓN	VISTAS	URL	ARTÍCULO	TÍTULO	ESTADO	ACCIÓN

No hay ningún enlace refback.

Publicar Omitir Eliminar Seleccionar todo

ISSN: 1578-4541

02:02 p.m. 16/11/2021

28°C Soleado

Escribe aquí para buscar