



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**Fecundidad de *Callichirus islagrande*
(Decapoda: Axiidae) en Barra de
Corazones, Laguna de Tamiahua,
Veracruz, México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

BLANCA ITAYETZI JAIMES GÓMEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN C. JOSÉ LUIS BORTOLINI ROSALES



CIUDAD DE MÉXICO, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Fecundidad de *Callichirus islagrande* (Decapoda: Axiidae) en Barra de Corazones,
Laguna de Tamiahua, Veracruz, México**

Por: Blanca Itayetzi Jaimes Gómez

2020

“Para las personas creyentes, Dios está al principio. Para los científicos está al final de todas sus reflexiones”

Max Planck (1858-1947)

Dedicatoria

A mis padres por la herencia más valiosa que pudiera recibir, fruto del inmenso apoyo y confianza que en mí se depositó para que los esfuerzos y sacrificios hechos por mí, no fueran en vano.

Con admiración y respeto.

A los seres que llenan de amor, tranquilidad, paz, comprensión, risas y que me llenan de energía para ser una gran hermana y sobre todo una mejor persona:

A mis hermanos Ayerim Gómez, Isanaji Jaimes y Zuriel Jaimes.

Al ser que más amo en esta vida, que llena todo mi ser y me motiva día a día, Felipe Miguel Alvarez Jaimes, hijo eres el mejor regalo de la vida.

Con admiración, respeto y mucho cariño, a Edgar Jaimes Pérez quien me incentivó a estudiar y culminar una carrera universitaria, a quien también le debo gran parte de los mejores recuerdos y enseñanzas, no solo académicas sino de vida. Mi guía en este camino llamado vida.

A ti Héctor, que me mantuviste en pie cuando todo iba mal, que has sido la persona que se ha quedado hasta el final y que me ha enseñado a ver la luz en la oscuridad.

Agradecimientos.

Esta tesis no hubiera sido posible solo con mi trabajo, ya que detrás de cada párrafo hay mucho más de lo que uno puede apreciar, es por ello que quiero agradecer a aquellas personas que de alguna forma contribuyeron en ella.

En primer lugar, quiero agradecer a la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual me brindó la oportunidad de desarrollarme académicamente y permitiéndome conocer y vivir todo lo que rodea a esta gran institución.

A mi querida **Facultad de Ciencias** la cual me dio todo, en la que pasé momentos agradables y también los más duros, donde conocí a grandes profesores, maestros y doctores que me enseñaron el valor y la importancia de la biología.

Al **M. en C. José Luis Bortolini Rosales**, por dirigir esta tesis y ser un gran apoyo durante la realización de esta investigación dándome la oportunidad de aprender de él, por sus buenos consejos, por hablarme como amigo y, sobre todo, por sus críticas positivas en tiempos difíciles de este camino.

A la **Dra. Ma. del Pilar Alonso Reyes**, la cual me apoyo en la parte estadística de este trabajo y más que eso regalarme un poquito de conocimiento en la parte más pesada de este trabajo.

Al **Dr. Fernando Álvarez Noguera** que me abrió las puertas de su laboratorio durante dos años de grandes aprendizajes, por su incondicional interés a resolver mis dudas en este trabajo.

Al **Dr. José Luis Villalobos**, por su apoyo e interés en resolver mis dudas y por el apoyo brindado, por sus buenas críticas para que este trabajo llegara a un buen fin.

Al **Dr. Ramiro Román**, por su ayuda a la identificación de los organismos, fue un gran pilar para este trabajo.

Al **M. en C. Eduardo Morales y Ricardo Martínez**, por apoyarme en la realización del estudio de granulometría en el Instituto de Ciencias del Mar de la UNAM, gracias por el interés y su conocimiento.

A la **Dra. Carmen Hernández**, por la revisión previa de los organismos y manuscrito, pero sobre todo por su apoyo y paciencia para poder culminar este proyecto.

Al **Dr. Pablo Hernández Alcántara**, por su asesoría y revisión del documento, por el interés prestado desde el día en que se integró al comité sinodal.

A mi familia, Yoaly Jaimes, Oscar Jaimes e Ivonne Jaimes a mis abuelos Aurora Pérez y Joel Jaimes, que siempre han estado a mi lado, con su amor y su apoyo, en especial a mis padres María Blanca Gómez Maceto y Eliut Jaimes Pérez que por su magno interés para que este proyecto saliera adelante para verme cumplir el más grande de mis sueños.

A Felipe Miguel Alvarez Siordia, por ser un gran apoyo en este camino que sin duda alguna no ha sido nada fácil.

A Eduardo Nuple Juárez, por su apoyo en el procesamiento de las muestras, pero más allá de eso por ser más que un amigo ser mi hermano y demostrarme su apoyo durante este proyecto.

A todas aquellas que colaboraron en la toma de las muestras en aquellas salidas al campo y durante el trabajo de laboratorio, sin su apoyo invaluable esto no pudo ser posible: Juan Andrés Mejía, Hugo Reyes Aldana, Andrés Cordero Carpio y en especial a Jorge Luis y Luis Díaz, pescadores de la laguna de Tamiahua, por el esfuerzo de su apoyo en el trabajo de campo, sin ellos no lo hubiéramos logrado. Me siento muy orgullosa de contar con personas tan valiosas a todos ustedes.....

GRACIAS...!

Resumen.

Se ha estudiado la importancia de los camarones fantasma, ya que son componentes comunes de la macrofauna en los fondos blandos tanto de playas como de estuarios. A pesar de la importancia ecológica que representan este tipo de organismos, la información que se tiene sobre sus aspectos poblacionales, así como su biología reproductiva son aún escasos. El presente estudio describe la estructura poblacional, la proporción sexual, su temporada de reproducción, y sobre todo, el establecimiento de la talla mínima de reproducción y de fecundidad de *Callichirus islagrande*.

Las recolectas fueron realizadas en 17 ocasiones, 15 de éstas durante el periodo de abril de 2012 a octubre de 2013, para cerrar con abril y octubre del 2014, a lo largo de la línea de costa, en la zona submareal, desde la boca sur de la laguna de Tamiahua hasta cubrir una distancia de 2.9 km hacia el norte. Durante el estudio, la abundancia total colectada fue de 979 organismos, a partir de esto, la proporción sexual global fue de 1:1.11. La talla mínima y máxima obtenida en machos para el largo total (LT) fue de 1.774 cm y 8.339 cm, mientras que en las hembras fue 2.610 cm y 8.095 cm. La talla de madurez sexual de las hembras es de 3.41 cm de LT, con esto se comienza con los eventos de reproducción; para el caso de los machos, se requiere una talla mínima ($0.9 > 0.8$ cm) para ser reproductores. La estructura poblacional indica que la especie tiene una reproducción anual continua, pese a que el número de hembras ovígeras fue muy baja. La fecundidad presentó una correlación positiva entre el número de embriones y LT, de igual forma se realizó el análisis de fecundidad con embriones en fase I, debido a que es la etapa temprana y ofrece mayor fidelidad en los resultados obtenidos.

Finalmente, el análisis granulométrico indicó que las galerías presentaron un tipo de arenas finas, la buena clasificación de las arenas y los tamaños predominantes (arenas finas) concuerdan con el ambiente sedimentario de playa, existiendo una predominancia de la acción eólica en la sedimentación y esto concuerda con los tamaños finos.

Palabras clave: *Callichirus islagrande*, estructura poblacional, fecundidad, madurez sexual, reproducción.

Abstract.

The importance of ghost shrimp has been studied as they are common components of macrofauna in the soft bottoms of the both beaches and estuaries. Despite the ecological importance of this type of organisms, the information that is available on their population aspects, as well as their reproductive biology, is still scarce. The present study describes the population structure, sexual proportion, breeding season, establishing minimum reproduction size and fertility, *Callichirus islagrande*.

The collections were made in 17 collections, 15 of them during the period from April 2012 to October 2013 and in April and October 2014, along the coastline, in the subtidal zone, from the south mouth from the Laguna of Tamiahua to cover a distance of 2.9 km to the north. During the study, the total density collected was 979, from this, the overall sexual ratio was 1:1.11. The minimum and maximum size obtained in males for the total length (LT) was 1.774 cm and 8.339 cm, while in females need to reach is 3.41 cm of LT so that they can begin with the reproduction events, in the case of the males, they need to reach a minimum size (0.9 > 0.8 cm) to be reproducers. The population structure indicates that the species has a continuous annual reproduction, although the number of ovigerous females was very low. Fertility showed a positive correlation between the number of embryos and LT, in the same way the fertility analysis was carried out with embryos in phase 1, because it is the early stage and it offers greater fidelity in the results obtained.

Finally, the granulometric analysis indicated that the galleries presented a type of fine sands, the good classification of the sands and the predominant sizes (fine sands) agree with the sedimentary beach environment, with a predominance of wind action in the sedimentation and this agrees with fine sizes.

Key words: *Callichirus islagrande*, fecundity, population structure, reproduction, sexual maturity.

Índice

Resumen	vii
Abstract	viii
1 Abreviaturas del texto	x
2 Índice de figuras y diagramas	xi
3 Índice de tablas	xiii
Introducción	1
Axiidea	1
<i>Callichirus islagrande</i>	6
Fecundidad	9
Antecedentes	12
Genero <i>Callichirus</i>	15
<i>Callichirus islagrande</i>	16
Fecundidad	16
Objetivos	21
Objetivo General	21
Objetivos particulares	21
Área de estudio	22
Aspectos fisiográficos y meteorológicos	22
Aspectos bióticos	24
Material y Método	24
Trabajo de campo	24
Trabajo de laboratorio	26
Análisis estadístico	33
Análisis poblacional	33
Resultados	35
Análisis poblacional	36
Análisis de granulometría	45
Muestras analizadas por tamizado	46
Discusión	48
Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Literatura citada	57

1 Abreviaturas del texto

LC	Largo del cefalotórax
LT	Largo Total
AOv	Ancho del Ovalo Rostral
L1	Largo de la Primer somita abdominal
L2	Largo de la Segunda somita abdominal
LTT	Largo de la Línea talasínica
LOV	Largo del Ovalo Rostral
Mz	Tamaño gráfico promedio
al (σ)	Desviación estándar grafica inclusiva
SKJ	Grado de asimetría gráfica inclusiva
Kg	Curtosis gráfica
♂	Machos
♀	Hembras
♀ Ov	Hembra Ovígera
#E	Número de embriones
øE	Diámetro de embriones
I	Infraplaya
M	Mesoplaya
S	Supraplaya

2 Índice de figuras y diagramas

Figura	Contenido	Página
Figura 1	Caracteres para las familias del infraorden Axiidea. Caparazón (anterior, dorsal) a, Axiidae, <i>Pillsburyaxius</i> ; b, Axiidae, <i>Eiconaxius</i> ; c, Strahlaxiidae, <i>Neaxius</i> ; d, Eucalliicidae, Callianeidae; e, Micheleidae, <i>Tethisea</i> ; f, Callianeidae, <i>Callianidea</i> . Caparazón lateral: g, Micheleidae, <i>Michelea</i> ; h. Eucalliicidae, <i>Calliixina</i> . Caparazón anterior, branquiostegito, epirtomo, antena basal y tallo ocular: k, Eucalliicidae, <i>Calliixina</i> ; l, Callichiridae, <i>Callichirus</i> ; m, Callichiridae, <i>Lepidophthalmus</i> .	4
Figura 2	Diagnosis de <i>Callichirus</i> . a. Región anterior del caparazón; b. Tercer maxilípedo; c. Quelípedos; d. Características diagnósticas del abdomen y el abanico caudal (somitas abdominales de la tercera a la quinta) y la sexta somita abdominal, telson y urópodo).	7
Figura 3	Clasificación taxonómica de <i>Callichirus islagrande</i> .	8
Figura 4	<i>Callichirus islagrande</i> . a. Frente; b. Tercer maxilípedo; c. Mayor quelado; d. Menor quelado; e. del tercer a la quinta somita abdominal; f. sexta somita abdominal, telson y urópodos.	9
Figura 5	Ubicación de la laguna de Tamiahua al Norte del Estado de Veracruz, México (20° 57' 36" a 22° 06' 32"N y los 97°18' 41"a 97° 46' 17"W) Tomado y modificado de INEGI 1: 50,000).	23
Figura 6	Proceso de extracción y recolecta de <i>C. islagrande</i> . A) organismos separados del sustrato y materia orgánica a través del tamiz; B) manejo de la bomba para la extracción de los organismos; C), "yabbie pump".	25
Figura 7	Perfil de playa. A) Delimitación de las zonas para el Perfil de Playa; B) Zonificación del Perfil de Playa: Infraplaya, Mesoplaya y Supraplaya; C) Toma de muestra de arena.	26
Figura 8	Medidas morfométricas utilizadas para el estudio. A, vista lateral de un Axiido, en donde se muestra el largo del cefalotórax (LC) y largo total (LT); B, vista dorsal en donde se muestra la región del cefalotórax en donde se muestra el largo del primer y segunda somita abdominal y; C, la línea thalassinica, largo y ancho del ovalo rostral.	28

Figura 9	Medidas de embriones y estadios de desarrollo. A, etapa 1 (Etapa temprana), vitelo ocupa al menos 75% del volumen del huevo; B, etapa 2 (Etapa intermedia), el vitelo sigue ocupando 75% del volumen del huevo y los ojos se hacen visibles; C, etapa 3 (Etapa final), ausencia del vitelo, el embrión está cerca de eclosionar y los segmentos del cuerpo son evidentes. D, medición del diámetro del huevo.	29
Figura 10	Fechas de recolecta y abundancia total de organismos capturados de <i>C. islagrande</i> en Barra de Corazones, Veracruz, México (2012-2014).	37
Figura 11	Abundancia por sexo <i>C. islagrande</i> por fecha de recolecta .	38
Figura 12	Abundancia de hembras (♀) y hembras no ovígeras (♀Ov) de <i>C. islagrande</i> por fechas de colecta.	38
Figura 13	Abundancia de individuos <i>C. islagrande</i> por intervalo de clase.	40
Figura 14	Abundancia de individuos por sexo de <i>C. islagrande</i> por intervalo de clase.	41
Figura 15	Abundancia de hembras (♀) y hembras ovígeras (♀Ov) en los intervalos de clase.	41
Figura 16	Relación de LT y el número de embriones por hembras ovígeras ♀Ov. #E = 17.81*LT, R2 = 0.843.	43
Figura 17	Relación de LT y el número de embriones por hembras ovígeras ♀Ov, en la Fase 1 (#Em = 479.47*LT, R2 = 0.838), y la Fase 2 (#Em = 471. 32*LT, R2 = 0.855).	44
Figura 18	Relación de LT y el diámetro del embrión por hembras ovígeras ♀Ov. øE = 0.08*LT, R2 = 0.990.	45

3 Índice de tablas

Tabla	Contenido	Página
Tabla 1	Meses en los que se llevaron a cabo las recolectas de <i>C. islagrande</i> .	24
Tabla 2	Escala de tamaño de partículas de Wentworth (1992).	31-32
Tabla 3	Resumen de análisis discriminante de las medidas: Largo cefalotórax (LC), Largo 1era somita (L1), Largo 2da somita (L2), Largo línea Thalassinica (LLT), Ancho Ovalo Dorsal (AOv), donde LT es la medida de importancia.	35
Tabla 4	Organismos capturados en cada una de las 17 recolectas en donde se muestra el valor de frecuencia absoluta (n), relativa (%) (Calculados con base en la población total) y proporción entre machos y hembras.	36
Tabla 5	Distribución de los machos (♂), hembras (♀) y hembras ovígeras (♀Ov) de <i>C. islagrande</i> a partir de los intervalos de clase con base en LT (cm).	39
Tabla 6	Resultados finales del análisis de granulometría de Barra de Corazones, Boca Sur, Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. (I: Infraplaya; M: Mesoplaya; S: Supraplaya; Mz: Promedio gráfico (media); σ : Desviación estándar gráfica inclusiva; Ski; Grado de asimetría gráfica; KG= Curtosis gráfica).	46

Introducción.

Los crustáceos representan uno de los grupos que se han diversificado con mayor éxito y que mejor se han conocido dentro de los invertebrados, tienen una amplia distribución, resultan de gran interés en los estudios ecológicos, taxonómicos, así como en lo económico (Hernández y Escobar, 2008).

El Orden Decapoda es uno de los grupos con mayor diversidad dentro de Crustacea, esto, debido a la plasticidad ecológica y morfológica que presentan, por lo que se ha convertido en uno de los grupos taxonómicos más estudiados (Martin y Davis, 2001). Dentro de esta variedad morfológica se encuentran especies marinas, dulceacuícolas y semi-terrestres. Una característica importante de todos los decápodos es un caparazón que cubre las branquias por un par de placas laterales y que forman las cámaras branquiales con diferentes tipos de especialización (Álvarez *et al.*, 2014). Este Orden se encuentra dividido en dos Subórdenes, el grupo ancestral que es Dendrobranchiata y el Pleocyemata de reciente aparición, ambos comparten caracteres sinapomórficos. El Orden Dendrobranchiata, se encuentra dividido en dos Superfamilias: Penaeoidea y Sergestoidea, mientras que el Suborden Pleocyemata se divide en 10 Infraórdenes: Achelata, Anomura, Astacidea, Axiidea, Brachyura, Caridea, Gebiidea, Glypheidea, Polychelida y Stenopodidea (De Grave *et al.*, 2009). En el presente trabajo los organismos a los cuales se hará referencia se encuentran dentro del Infraorden Axiidea.

Axiidea

Estos organismos son conocidos de manera vernácula como camarones fantasma (ghost shrimps) o camarones del lodo (mud shrimps), debido a que la mayoría de las especies se entierran en sustratos fangosos, arenosos o una mezcla de ambos, aunque también se pueden llegar a encontrar en restos de coral muerto (criptofauna) (Posey, 1986; Wynberg y Branch, 1994). Suelen vivir en aguas marinas y salobres, taxonómicamente constituyen un grupo cuya sistemática y clasificación ha sido un tema de interés para muchos carcinólogos. Anteriormente y gracias a los estudios de varios autores que abordaron la morfología tanto de los adultos como de larvas, se ha hecho la separación en dos grupos ubicándose dentro del Infraorden Thalassinidea (Gurney, 1942;

Saint Laurent, 1979; Saint Laurent y Le Loeuff, 1979; Poore, 1994; Sakai, 2004); sin embargo, ya se tenía la noción de que este grupo estaba formado por dos linajes, uno más cercano a los anomuros y otro a los carídeos (Saint Laurent, 1979). En la actualidad, debido a una extensa revisión molecular del grupo, basado en el análisis de genes nucleares y mitocondriales, se confirmó que es un grupo parafilético y se reconocen dos clados: el Infraorden Axiidea y el Infraorden Gebiidea (Tsang *et al.*, 2008; Robles *et al.*, 2009; Ahyong *et al.*, 2011; Dworschak *et al.*, 2012, Robles *et al.*, 2020).

El Infraorden Axiidea, posee alrededor de 516-556 especies descritas, ordenadas en cinco familias: Axiidae, Callianassidae, Ctenochelidae, Micheleidae y Strahlaxiidae (Dworschak *et al.*, 2012; Poore *et al.*, 2014). Sin embargo, en el trabajo de Robles *et al.*, 2020, realizaron un análisis molecular donde el filograma para Callianassidae sugirió el aislamiento de varias especies de los géneros a los que tradicionalmente habían sido asignadas y se requirió doce nuevos nombres genéricos. Lo mismo sucedió para Callichiridae, por lo que los datos arrojaron una nueva clasificación donde *Callichirus islagrande* se incluyó dentro de la Familia Callichiridae.

En cuanto a su distribución geográfica, como muchos grupos taxonómicos, se observa que, para ambos hemisferios del planeta, se presenta un incremento en el número de especies hacia la franja tropical; la región del Indo-Pacífico domina en riqueza de especies, le sigue el Atlántico suroccidental (particularmente el Caribe y el Golfo de México). A nivel mundial se tienen registrados 44 géneros de los cuales seis se encuentran en México, con respecto a las especies, estas registran un total de 112 a nivel mundial de las cuales 13 se encuentran en México (Álvarez *et al.*, 2014).

La morfología básica de estos organismos, se caracteriza principalmente por tener la apariencia de una langosta pequeña con el cefalotórax y el abdomen bien desarrollados, el primero presenta una superficie esculpida que posee diferentes niveles de dureza debido a la cantidad de quitina que conforma el exoesqueleto, así como la adhesión de sales calcáreas que obtiene del ambiente, principalmente en el marino; sobre esta cutícula, se pueden observar cerdas y/o espinas, particularmente en la porción antero-dorsal; este carácter es de importancia en el reconocimiento a nivel de Familia y Genero; dentro de las ornamentaciones que se observan en el cuerpo destacan la línea talasínica, la cual es un surco longitudinal que se extiende a diferentes posiciones sobre

la porción lateral del caparazón y la presencia/ausencia de una prominencia cardíaca la cual se levanta en la porción posterior sobre la línea media dorsal (Figura 1). El caparazón puede estar comprimido, el abdomen es simétrico dorso-ventralmente, poco calcificado, se extiende hacia la porción posterior y termina en un telson que junto con los urópodos forman una cola a manera de abanico; el rostro presenta diferentes niveles de crecimiento, de reducido a bien desarrollado, con un gradiente de niveles intermedios, en el dorso, la superficie puede ser lisa o armada con cedas y/o espinas; finalmente, la longitud de las antenas es menor a la longitud del cuerpo y los artejos del pedúnculo son cilíndricos. Los pereiópodos se encuentran bien desarrollados y pueden encontrarse ornamentados con cedas y/o espinas, el primer par de pereiópodos puede ser simétrico o no, quelado (quela típica con el dedo móvil o dáctilo), insertado en la mitad del propodio o subquelado, condición prensil en la cual la palma no está orientada para formar un dedo móvil, mientras que el segundo par puede ser quelado o no (pereiópodos típicos formados por siete artejos: coxa, basis, isquio, mero, carpo, propodio y dáctilo) (Brusca y Brusca, 2003), y presenta siempre una hilera de cedas largas en el borde inferior, en el tercer par es simple, el cuarto y quinto par pueden ser simples o subquelados y la pleurobránquia de dicho apéndice puede estar reducida o ausente (Wear y Yaldwyn, 1996). El nombre de Axiidea, sugerido por Sakai (2005, 2011) y Sakai y Sawada (2006), se ha adoptado casi universalmente (Poore *et al.*, 2014).

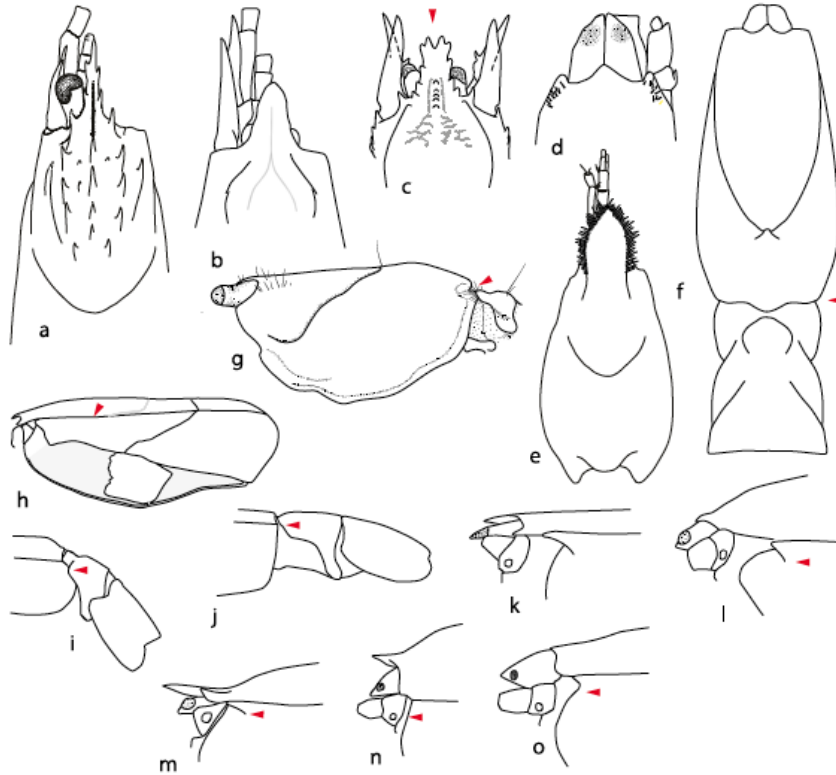


Figura 1. Caracteres diagnósticos para las familias del Infraorden Axiidea. Caparazón (anterior, dorsal) a, Axiidae, *Pillsburyaxius*; b, Axiidae, *Eiconaxius*; c, Strahlaxiidae, *Neaxius*; d, Eucalliicidae, *Callianeidae*; e, Micheleidae, *Tethisea*; f, Callianeidae, *Callianeida*. Caparazón lateral: g, Micheleidae, *Michelea*; h, Eucalliicidae, *Calliixina*. Caparazón anterior, branquiostegito, epirtomo, antena basal y tallo ocular: k, Eucalliicidae, *Calliixina*; l, Callichiridae, *Callichirus*; m, Callichiridae, *Lepidophthalmus* (Tomado de Poore *et al.*, 2019).

Los Axiidea son organismos que componen la macrofauna en los fondos blandos tanto de playas como de estuarios; excavadores que elaboran galerías y al igual que otros organismos habitantes de este ambiente, se encuentran expuestos a bajas concentraciones de oxígeno de manera recurrente, supliendo éste, así como la obtención de alimento a través de la remoción del sedimento (Dworschak, 2001, 2006). Hoy en día, los camarones fantasma, son componentes importantes de los ensamblajes de macroinvertebrados marinos cercanos a la costa y de ambientes estuarinos con altas fluctuaciones de salinidad, estos, se encuentran entre los organismos invasores macroscópicos más exitosos de los ambientes salobres (Dworschak, 2000).

Como se ha mencionado anteriormente, producen madrigueras y en consecuencia, pueden identificarse en el registro sedimentológico como fósiles traza con rasgos característicos (Starek *et al.*, 2010). Sus galerías se encuentran en sustratos suaves, su distribución horizontal es parte de la zona intermareal y submareal somero y hasta profundidades superiores a 2,500 metros. Se sabe que las especies que viven en las zonas intermareales tienen cierta dificultad para construir estas galerías en los periodos de marea baja, por lo tanto, se han descrito una serie de adaptaciones conductuales y fisiológicas respiratorias en estos tipos de hábitats (Torres *et al.*, 1977).

Los Axiidae, en general construyen madrigueras bastante simples sin una arquitectura compleja (Pemberton *et al.*, 1976; Dworschak y Ott, 1993; Kneer *et al.*, 2008; Vonk *et al.*, 2008); por el contrario, los miembros de Callichiridae construyen los sistemas de madrigueras complejos y extensos de todos los camarones fósiles y organismos vivos conocidos (Hyzny *et al.*, 2013)

Las actividades que llevan a cabo dentro de la galería tienen un efecto negativo considerable en la perturbación de los sedimentos, así como beneficios para la renovación de los ciclos bioquímicos y el aumento de la disponibilidad de alimento en diferentes niveles tróficos (Ziebis *et al.*, 1996).

Los efectos que tiene el sustrato sobre la distribución de ciertas especies en las playas se deben principalmente al tamaño de grano y a la clasificación de los sedimentos, ya que pueden determinar la porosidad y capilaridad del medio, lo que permite, entre otras cosas, diferentes niveles de humedad. Existe también, una relación entre el tamaño del grano y el tamaño de las piezas bucales de los organismos que separan el alimento del sustrato (Carranza, 2009).

Estudios ecológicos y fisiológicos de estos organismos han captado la atención por la singularidad de los ambientes en que habitan, los trabajos de carácter ecológico consisten en estudiar la zona intermareal y submareal, especialmente la influencia que tiene con respecto a su sedimentología (Dworschak, 2000), mientras que por el lado de la fisiología, se han estudiado las vías metabólicas y las respuestas respiratorias en condiciones de hipoxia aguda o crónica (Pritchard y Eddy, 1979; Lowery y Tate, 1986; Hill *et al.*, 1991; Scholnick y Synder, 1996; Astall *et al.*, 1997). A pesar de la importancia ecológica que representa este tipo de organismos, la información que se tiene sobre

aspectos poblacionales, así como de su biología reproductiva es escasa (Rodríguez y Shimizu, 1997).

Callichirus islagrande

La familia Callichiridae, en general, puede ser reconocida por: caparazón sin espina rostral, córnea dorsal subterminal y deprimida; el pedúnculo antenular es más largo que el pedúnculo antenal; el tercer maxilípodo sin exópodo; el isquio-mero operculiforme; el mero no se proyecta más allá de la articulación del carpo; los quelípedos son desiguales, el quelípodo mayor con un gancho en el mero. El primer par de pleópodos del macho es vestigial o se encuentra ausente, siendo unirrámeo en la hembra; el segundo par de pleópodos es vestigial o está ausente en el macho, en la hembra, si se presenta, éste es birrámeo, por último, la presencia de la línea talasínica es una estructura única de esta familia (Manning y Felder, 1991).

Existen a la fecha 42 géneros entre los cuales se encuentra *Callichirus* (Stimpson, 1866), desde entonces éste se ha visto de varias maneras, como un subgénero de *Callianassa* (Borradaile, 1903), como un género distinto, el cual comprende numerosas especies (Saint Laurent, 1974) o bien, como un sinónimo del género *Callianassa* (Biffar, 1971).

Stimpson (1866), estableció una serie de caracteres para su diagnosis: caparazón sin espina rostral; córnea dorsal subterminal y redondeada; pedúnculos antenulares más largos y robustos que el antenal; el tercer par de maxilípedos sin exópodo y el isquio-mero operculiforme con quelípedos desiguales (en machos adultos), el mayor presenta un gancho en el mero (Figura 2).

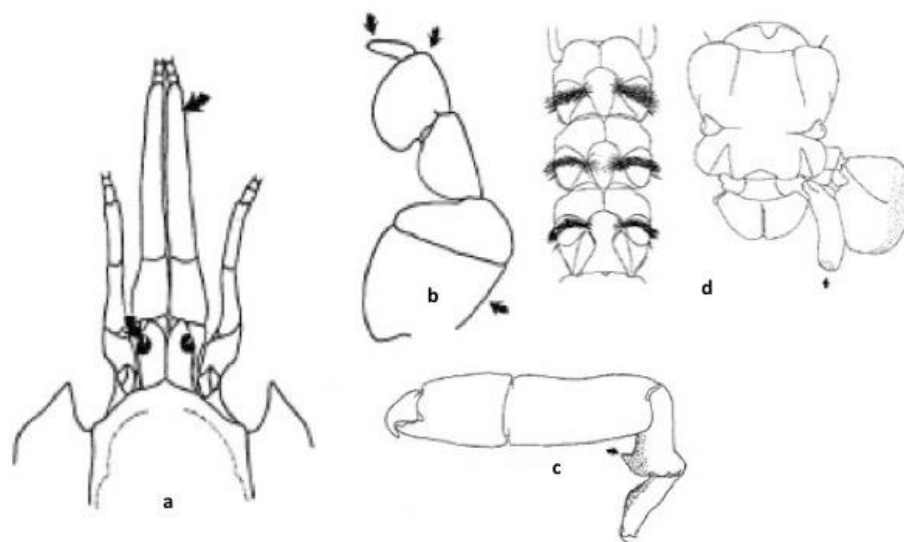


Figura 2. Diagnósis de *Callichirus*. a. Región anterior del caparazón; b. Tercer maxilípodo; c. Quelípedos; d. Características diagnósticas del abdomen y el abanico caudal (somitas abdominales de la tercera a la quinta) y la sexta somita abdominal, telson y urópodo) (Tomada de Manning y Felder, 1991).

En el género *Callichirus* se reconocen por lo menos cuatro especies: *C. adamas* (Kensley, 1974); *C. islagrande* (Schmitt, 1935) (Figura 3); *C. major* (Say, 1818) y *C. seilacheri* (Bott, 1955). *C. islagrande*, se encuentra al norte y occidente del Golfo de México. Como principales caracteres morfológicos diagnósticos, se observa una frente con una proyección rostral baja y triangular y las proyecciones laterales inconspicuas; la línea talasínica muy evidente y el surco cervical cruza el caparazón; el par de pedúnculos antenulares más largos que el par de pedúnculos antenales; el quinto segmento de la antena llega alrededor de los $2/5$ de la longitud del último segmento antenular; el tercer par de maxilípedos no presenta exópodo y el isquimero forman un opérculo; los quelípedos son desiguales en los machos adultos y subiguales en las hembras. El quelípedo mayor del macho presenta un gancho fuerte en el mero. El abdomen con un evidente patrón de surcos y glándulas integumentales en vista dorsal sobre los segmentos 3-5 (Dworschak *et al.*, 2012; Poore *et al.*, 2019). Las especies de *Callichirus* pueden ser hermafroditas funcionales con algunas o todas las hembras que tienen gonoporos masculinos (Figura 4) (Souza *et al.*, 2017, 2018).

Phylum: Arthropoda, Von Siebold, 1848
Subphylum: Crustacea Brunnich, 1772
Clase: Malacostraca Latreille, 1802
Subclase: Eumalacostraca Grobben, 1892
Orden: Decapoda Latreille, 1802
Suborden: Pleocyemata Burkenroad, 1963
Infraorden: Axiidea Saint Laurent, 1979
Familia: Callichiridae Manning y Felder, 1991
Género: *Callichirus* Stimpson, 1866
Especie: *C. islagrande* (Schmitt, 1935)

Figura 3. Clasificación taxonómica de *Callichirus islagrande* (Schmitt, 1935; Felder y Robles, 2009; Poore *et al.*, 2019, Robles *et al.*, 2020)



Figura 4. *Callichirus islagrande*. a. Frente; b. Tercer maxilípido; c. Mayor quelado; d. Menor quelado; e. del tercer a la quinta somita abdominal; f. sexta somita abdominal, telson y urópodos (Tomada de Manning y Felder, 1986).

Fecundidad

Los crustáceos decápodos han desarrollado diferentes estrategias de supervivencia que han facultado su éxito en una gran variedad de hábitats. Estas características hacen que estos organismos se consideren de interés, especialmente con relación a sus aspectos reproductivos (Pinheiro y Fransozo, 1995). En estudios preliminares sobre fecundidad de crustáceos, se indica que existe una relación positiva entre la fecundidad y el tamaño de la hembra (Hynes, 1954), esto permite estimar el estado reproductivo en que se encuentra la población y generalmente se ha definido como el número de embriones liberados por una hembra en un sólo evento de desove o durante un periodo determinado de su ciclo de vida (Swartz, 1978; Jones y Simons, 1983; Palma y Arana, 1997) o bien, como el número de embriones contenidos bajo el abdomen

y entre los pleópodos de las hembras (Stechey y Somers, 1995); otro tipo o definición de fecundidad es la potencial que es el número de ovocitos contenidos dentro de los ovarios y cuyo conteo se realiza antes del desove (Luppi *et al.*, 1997).

Los valores de fecundidad observados varían de un grupo taxonómico a otro, particularmente entre familias o incluso a nivel de género, se pueden contar desde cientos de embriones en algunos miembros de la familia Porcellanidae (Antezana *et al.*, 1965; Lardies y Wehrtrmann, 1996; Hernaéz y Pinheiro, 2001), hasta varios miles de embriones en algunos Galatheidae (Palma y Arana, 1997), inclusive se conoce de poblaciones silvestres de *Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis*, ambos de la familia Penaeidae, en donde se determinó que con base en el tamaño de la hembra, ésta puede producir entre 308,640 a 1,268,120 y de 207,600 a 1,135,550 ovocitos, respectivamente (García, 1976; Rodríguez de la Cruz, 1981). Por otra parte, varios grupos de decápodos observan cuidados parentales por parte de la hembra, lo cual permite no solo estimar la fecundidad más fácilmente sino además, estudiar las características del embrión durante su desarrollo (Hernaéz *et al.*, 2008). El conocimiento de los valores de fecundidad en una especie es importante pues permite determinar su capacidad reproductiva, el número mínimo de adultos necesarios para mantener un reclutamiento suficiente y así estimar el tamaño de la población (Parra *et al.*, 2010).

El volumen del huevo está considerado como un indicador del contenido de energía para su desarrollo (Herring, 1974; Levitan, 1996), con frecuencia este fenómeno se relaciona con el tipo de estrategia que las hembras adoptan en respuesta a determinadas condiciones del ambiente como temperatura y fotoperiodo (Clarke y Gore, 1992), por lo tanto, la estimación del volumen del huevo es importante para comprender los mecanismos que la población emplea para adaptarse al medio ambiente y con ello poder sobrevivir (Hernaéz *et al.*, 2008).

Como se mencionó anteriormente, la fecundidad puede medirse como el número de embriones producidos en cada desove o periodo reproductivo y se describe como una función dependiente de la talla del organismo, sin embargo, es conveniente distinguir el término fecundidad del término fertilidad, definida esta última como el número de larvas eclosionadas de los ovocitos previamente desovados y fecundados (Stechey y Somers, 1995; Luppi *et al.*, 1997).

Dependiendo de cada autor, la fecundidad se puede definir de diferente manera, para posteriormente calcular la relación entre el número de embriones y alguna medida morfológica como puede ser el largo del caparazón o el largo total. Bauer (1991) y Mantelatto y Fransozo (1997), recomiendan el uso de hembras con embriones en las primeras etapas de desarrollo para el análisis de la fecundidad y evitar así una subestimación.

Antecedentes.

El estudio sistemático de los Axiidos es considerado reciente, aunque dentro de este grupo se encuentran algunas descripciones que datan de la primera mitad del siglo pasado. La taxonomía de este Infraorden ha sido revisada con detalle en los últimos treinta años, debido principalmente al descubrimiento de una serie de formas nuevas, que han puesto en evidencia la falta de organización que hasta hace poco existía en diferentes niveles jerárquicos, incluso, la separación de los camarones fantasma de los anomuros, ya que hace algún tiempo, Thalassinidea formaba parte de Anomura (Boradaile, 1903; Bracken *et al.*, 2009, 2010) dentro del mismo Infraorden, éste cambio se ha debido a sus relaciones filogenéticas con otros Infraórdenes (Tsang *et al.*, 2008), por lo que en primera instancia se separaron de Anomura y poco tiempo después el Infraorden Thalassinidea se dividió en dos: Axiidae y Gebiidae (Poore, 1994).

De los estudios relacionados con Axiidea, han surgido varias propuestas de diferentes autores que durante las últimas décadas, han buscado un arreglo coherente para estos decápodos; trabajos como los de Saint Laurent (1974), donde definió la filogenia de dos familias: Callianassidae y Upogebiidae, también ofrece algunas diagnosis para poder llegar a nivel de género.

Saint Laurent (1974), realizó un trabajo sistemático y filogenético donde separó de manera definitiva a la familia Callianassidae de Upogebiidae, con esto propuso que éstas tenían una relación con la familia Axiidae, de la que aún no se conocía mucho.

En 1979, Saint Laurent y Le Loeuff, revisaron sistemáticamente los Callianassidae y Upogebiidae de las costas de África Occidental, desde Mauritania hasta el sur de Angola, con la descripción de varias especies nuevas y se añaden algunas observaciones sobre la sistemática y distribución geográfica de las familias.

Griffis y Suchanek (1991), realizaron la descripción de seis tipos de madrigueras formadas por los camarones fantasmas, donde pretendían explicar los principales factores por los cuales, especies diferentes construían madrigueras de diferente forma, pero con algunas similitudes.

Poore (1994), analizó y reorganizó el Infraorden Axiidea en tres superfamilias, 11 familias y 73 géneros, clasificación que a la fecha se encuentra vigente.

Los trabajos de tipo filogenético y taxonómico no han sido los únicos, también se han realizado estudios acerca de morfología como el de Nickell *et al.* (1998), en el cual se describieron los pereiópodos asociados a la alimentación, ecología y hábitos de limpieza que tienen estos decápodos, la comparación morfológica que hizo entre los maxilípedos y los pereiópodos mostraron diferencias entre las especies.

Tamaki y Miyabe (2000), realizaron un estudio de larvas de tres especies donde se analizaron los patrones de abundancia a partir de muestras de plancton colectados de un sistema estuarino al oeste de Japón.

Dworschak (2000), estudió respecto a la diversidad global del Infraorden Thalassinidea, y registró la existencia de 516 taxones descritos hasta esa fecha, de los cuales el 32% de las especies se encuentran en el Indo-Pacífico Occidental y el 22% en el Atlántico Sudoccidental, observó que todas las especies son bentónicas y viven tanto en agua marina como salobre.

Berkenbush y Rowden (2000), analizaron la estructura poblacional y la ecología reproductiva de *Callianassa filholi*, provenientes de Nueva Zelanda, la frecuencia de las tallas reveló que las poblaciones son unimodales, con poblaciones abundantes y con una maduración sincrónica.

Coelho y Rodrigues (2001), realizaron un estudio donde se analizó la morfología de los apéndices de alimentación, el comportamiento y contenido estomacal, e hicieron énfasis en las cedas que presentan dos callianásidos: *Callichirus major* y *Sergio mirim*.

Para 2003, Thatje revisó el Infraorden Thalassinidea en Chile y Argentina, en el cual se presentó una serie de sitios donde se efectuaron muestreos, con la finalidad de revelar y delimitar con exactitud la distribución de los organismos, en el caso de registros ampliamente dispersos se asumió una distribución latitudinal continua.

Dworschak 2005A, llevó a cabo nuevamente un análisis global de la diversidad de Thalassinidea, hizo mención del número total de especies conocidas, las cuales habían pasado de 516 a 556 y el número de Generos pasó de 80 a 96.

En 2007, Hernáez *et al.*, analizaron la estructura poblacional de *Callichirus seilacheri*, el cual se basó en individuos colectados en la playa de las Mancha, Chile, en donde se observó una proporción de sexos 1:1 durante la mayor parte del periodo de estudio (enero-diciembre de 2003), salvo los meses de enero y septiembre en donde las

hembras tuvieron mayor abundancia que los machos, por otro lado, los machos alcanzaron tallas óptimas promedio mayores (27.1 mm) que las hembras (24.0 mm) en el largo del caparazón. La presencia de juveniles se restringió principalmente a los meses de febrero y mayo, se alcanzaron las primeras tallas de madurez sexual a los 20.8 mm y 18.1 mm respectivamente, por último, se observó que el período de reproducción es de mayo a agosto donde su máximo fue en junio.

Dworschak *et al.* (2012), mencionaron que el Infraorden Thalassinidea está dividido en dos Infraordenes: Gebiidea y Axiidae, los cuales representan dos grupos claramente independientes, pero que han convergido tanto morfológica como ecológicamente por la formación de madrigueras, a la vez, realizaron una guía en donde mencionan algunos caracteres diagnósticos para el Infraorden Anomura, Astacidea, Axiidea, Gebiidea y Glypheidea.

Ayón *et al.* (2014), analizaron 75 ejemplares de talasinidos de zonas intermareales y estuarios de dos localidades de la costa del Pacífico mexicano y presentaron una lista actualizada de Axioidea y Gebiidea; por primera vez se registró a *Callianassa tabogensis* en México; los organismos correspondientes al Género *Callichirus* se identificó como *C. seilacheri*, y *Upogebia dawsoni* se observó por segunda vez en la costa de Jalisco, el primer ejemplar del que se tiene registro fue en La Paz, B.C.S. (Williams, 1986).

Poore *et al.*, 2019, propusieron una nueva clasificación de las familias y géneros de Callianassidae y familias relacionadas (Crustacea: Decapoda: Axidae), basada en los resultados de una filogenia molecular publicada por separado con soporte morfológico. Se reconocen siete Familias: Anacalliidae (Manning y Felder, 1991), Callianassidae (Dana, 1852), Callianopsidae (Manning y Felder, 1991), Callichridae (Manning y Felder, 1991), Ctenochelidae (Manning y Felder, 1991), Eucalliidae (Manning y Felder, 1991) y Paracalliidae (Sakai, 2005).

Los trabajos de camarones fantasma también han tenido un auge en la rama de la Paleobiología, como en el trabajo de Hyzny *et al.*, 2013, quienes reportaron dos taxones de camarones fantasma en la formación Ocozocoautla, permitiendo agregar datos sobre fósiles mexicanos.

Hyzny *et al.*, 2015, describieron numerosos restos fósiles de los sedimentos del Mioceno tardío. La mayoría de los fósiles se interpretaron como madrigueras producidas por crustáceos decápodos, específicamente por un camarón fantasma de la familia Callianassidae.

Género *Callichirus*

Manning y Felder (1986), llevaron a cabo un estudio de la familia Callianassidae, hicieron mención del género *Callichirus* e hicieron una descripción más amplia de éste, para 1991, los mismos autores intentaron construir un marco para futuros estudios sobre callianásidos, incluyeron una redefinición a nivel familiar de todos los géneros, así como una revisión a nivel genérico de las especies americanas. Reconocieron dos Familias, una nueva y siete subfamilias, seis nuevas fueron reconocidas por taxones previamente asignados a Callianassidae.

Sakai (1999), presentó una sinopsis de la familia Callianassidae. Se dieron definiciones de subfamilias y Generos. Claves para las Familias, Generos, esto tuvo como objetivo el producir una base de datos para los callianásidos de la región del Indo-Pacífico occidental.

Arenas (2000), hizo una revisión a nivel de especie de ejemplares del Golfo de México de la familia Callianassidae, con este trabajo aumentó el registro de los estomatópodos y decápodos para los seis estados costeros del Golfo de México, se esperó con esos datos haber aumentado alrededor del 70% de las especies de crustáceos que se localizaron en la zona costera (marismas, estuarios y manglares), plataforma continental (interna, media y externa) y lagunas arrecifales, con eso se formó el primer inventario ampliado para México.

Callichirus islagrande

Si bien no existen estudios sobre la fecundidad de *C. islagrande*, aspecto que convoca en este trabajo, se han efectuado otro tipo de estudios.

Strasser y Felder (2000), realizaron una descripción de la zoea y del desarrollo larval en cultivos de laboratorio de una población que habitaba en las costas de Louisiana, USA.

Bilodeau y Bourgeois (2004), abordaron el impacto de la restauración de playas en las poblaciones intermareales del camarón fantasma, *Callichirus islagrande*.

Bilodeau *et al.* (2005), desarrollaron un trabajo acerca del apareamiento que se da en las madrigueras de estos organismos, y con la ayuda de marcadores genéticos trataron de determinar si los embriones que se encontraron entre los pleópodos de las hembras habían sido fertilizados por un macho o un conjunto de éstos. Se identificaron cuatro o cinco grupos a partir de los datos arrojados por los microsatélites utilizados.

Fecundidad

Como se ha mencionado con anterioridad, la fecundidad de las especies del Orden Decapoda varía dependiendo del grupo taxonómico del que se hable, Familia o Genero incluso; una forma de evaluar la fecundidad es por el número de embriones producidos en cada desove o periodo reproductivo y se relaciona como una función morfométrica de la hembra particularmente (Steachey y Somers, 1995; Luppi *et al.*, 1997).

Para *Callichirus islagrande* no existen estudios de fecundidad como tal, sin embargo, se han llevado a cabo estudios en grupos filogenéticamente cercanos como los que a continuación se mencionan.

Hines (1988), realizó un estudio de fecundidad en dos especies de cangrejos *Geryon fenneri* y *G. quinquedens* (Decapoda: Brachyura), se observó que la primera alcanza una talla mayor con respecto a la segunda concluyendo que el tamaño corporal para ambas especies fue determinante para conocer el rendimiento reproductivo y el valor de la fecundidad.

Felder y Griffis (1994), detallaron los resultados de un proyecto que se centró en la dinámica poblacional y ecología de la excavación de los camarones fantasma y

camarones de barro, se usaron especies como *C. islagrande* y *Lepidophthalmus louisianensis* en las zonas submareales e intermareales del norte del Golfo de México. Se calculó la densidad de la población, potenciales de reproducción, crecimiento, potenciales de biomasa, capacidad de bioturbación e impactos biogeoquímicos.

Sampedro *et al.* (1997), realizaron un estudio de fecundidad en *Pisidia longicornis* (Decapoda: Anomura) y se observó que ésta es altamente variable (10 a 1,443 embriones/puesta/hembra). A partir de un total de 40 hembras, se trabajó con la masa ovígera donde se tomó el número de embriones, el volumen del embrión y el estadio de desarrollo de éstos, se lograron identificar tres diferentes.

Mantelatto y Fransozo (1997), desarrollaron un estudio en donde el objetivo principal fue caracterizar la fecundidad de *Callinectes ornatus*, de la costa norte de Sao Paulo, Brasil, para el estudio de fecundidad y sus respectivas relaciones con el tamaño, el peso de los embriones y el tamaño del embrión, se hizo un muestreo en intervalos de dos meses durante dos años consecutivos. Se consideraron 38 hembras con embriones en fase inicial. Tras la determinación de la frecuencia del ancho del caparazón y la fecundidad, se determinó que el ancho del caparazón es una de las morfometrías con la que se puede determinar su fecundidad, la cual fue de $171,570 \pm 94,634$ embriones, con hembras de la misma talla.

Franzoso y Mantelatto (1998), analizaron la estructura poblacional y el periodo reproductivo del cangrejo ermitaño *Calcinus tibicen* (Decapoda: Diogenidae), el estudio se enfocó en la abundancia estacional, proporción de sexos y el período de reproducción, este último, basado en el porcentaje de hembras ovígeras; se observó una discontinuidad en la reproducción, con una ausencia de hembras ovígeras en julio y una incidencia entre septiembre y mayo.

Strasser y Felder (1998), observaron las etapas de larvas zoea y las primeras etapas postlarvales en el desarrollo en *C. islagrande* y *C. major* en condiciones de laboratorio.

Chazaro *et al.* (2000), realizaron un estudio sobre la abundancia, fecundidad, proporción sexual, madurez y la dieta de *Callinectes similis* (Decapoda: Portunidae), en la plataforma central de Veracruz, la proporción sexual presentó una predominancia de

machos debido a que las hembras se encuentran a mayores profundidades, en éstas el número de embriones por hembra fue de $277,886 \pm 136,270$.

Cabrera *et al.* (2001), analizaron a *Juxtafabia muliniarum* (Brachyura: Pinnotheridae) asociado a *Saccostrea palmula* (Mollusca: Bivalvia), en lo cual se observó la presencia de hembras ovígeras durante todo el periodo de muestreo, la relación entre el largo del caparazón y la fecundidad fue de $F = 3904.6$, con una R^2 de 0.9686.

Turra y Pereira (2001), hicieron un estudio de fecundidad para tres especies de cangrejos ermitaños (Anomura: Diogenidae) en poblaciones simpátricas: *Clibanarius antillensis*, *C. sclopetarius* y *C. vittatus*, la fecundidad se correlacionó positivamente con la talla de los individuos y se observó que el número de embriones entre las especies se encuentra relacionado con la longitud del escudo (caparazón). Los embriones se clasificaron en cinco etapas de desarrollo: etapa 1 (sin ojos y con vitelo), etapa 2 (sin ojos y vitelo parcialmente consumido), etapa 3 (formación del ojo y vitelo parcialmente consumido), etapa 4 (ojos formados vitelo ya no se observa) y etapa 5 (ojos formados, ausencia de vitelo), la etapa de desarrollo que se utilizó para el análisis de fecundidad fue la etapa 1.

Mantelatto *et al.* (2002), desarrollaron un trabajo para el estudio de las estrategias de fecundidad en el cangrejo ermitaño *Paguristes tortugae* en Brasil; el objetivo fue caracterizar los valores de fecundidad y la temporada reproductiva, con esto se dieron a conocer aspectos reproductivos de dicha especie que están relacionadas con estrategias desarrolladas para compensar la competencia interespecífica, es decir, el esfuerzo reproductivo alto, la madurez temprana y bajos valores de fecundidad.

Armendáriz y Becerra (2007), presentaron un trabajo en el cual analizaron los aspectos más relevantes de la fecundidad de *Chasmagnathus granulatus* (Decapoda: Grapsidae) y *Uca uruguayensis* (Decapoda: Ocypodidae), en el cual se observó los valores de fecundidad que van de 1,126 a 6,745 embriones en *U. uruguayensis* y de 15,688 a 57,418 en *C. granulatus*. Además, se analizaron las relaciones morfométricas para las hembras con crías en etapas de desarrollo medio, para *U. uruguayensis*, los mejores coeficientes de correlación se obtuvieron para las relaciones: peso de la hembra vs peso de la masa de los embriones; para *C. granulatus* la mejor asociación fue obtenido entre el tamaño de la hembra y el número de embriones.

Siqueira y Munehisa (2008), hicieron un estudio de la biología reproductiva en hembras de la especie *Aegla franca* (Decapoda: Anomura: Aeglidae), se observó que el período reproductivo es marcadamente estacional y tiene lugar a partir de mayo a agosto, las hembras ovígeras aparecieron de manera abrupta en la población en el mes de mayo.

Peiró *et al.* (2014), describieron diferentes aspectos de la biología reproductiva como talla de madurez sexual de las hembras, fecundidad, características del embrión y rendimiento reproductivo de *Callichirus major* el cual es importante en la costa del sureste de Brasil, la masa total de embriones se clasificó de acuerdo al estado de desarrollo embrionario propuesto por Boolootian *et al.* en 1959, por lo que se suponen tres etapas: 1 (etapa temprana: vitelo ocupando al menos en tres cuartas partes del embrión); 2 (etapa intermedia: los ojos se hicieron visibles, el vitelo ocupaba tres cuartas del embrión) y 3 (etapa final: ausencia de vitelo cerca de la eclosión).

Hernández *et al.* (2018), presentaron un estudio para comprobar si *Callichirus seilacheri* tiene una reproducción durante todo el año, donde se encontró que el clima proporciona evidencia que determinó que la reproducción en especies tropicales no siempre es continua, así mismo, se tomaron la distribución de frecuencia de tallas, sexo, relación y ciclo de reclutamiento para contribuir al conocimiento biológico de la especie.

De Almeida *et al.* (2018), realizaron un estudio donde el objetivo principal fue describir la población y la biología reproductiva de *Callichirus major* en la playa de Pau Amarelo, Pernambuco, Brasil, esto se hizo tomando medidas: crecimiento relativo, proporción de sexos, período reproductivo y reclutamiento de juveniles.

Hernández *et al.* (2018), a través de este estudio se obtuvieron nuevas observaciones del camarón *Callichirus seilacheri*, éstas fueron obtenidas con la revisión del material recolectado a lo largo de la costa del Pacífico de América Central. Las nuevas características de este camarón fantasma incluyeron: caparazón sin setas en la punta; pereiópodo 1 diferente en varones adultos, pero no en hembras ni en juveniles de ambos sexos; primer pleópodo sexualmente dimórfico; hembras con gónoporos ovales. Aparentemente, la presencia de gónoporos adicionales en hembras de esta especie es un carácter compartido con organismos del mismo género.

Hernández (2018), se revisó la historia taxonómica, las adaptaciones corporales, la ecología y la reproducción de los Infraordenes Axiidea y Gebiidea. Para el caso de la

biología reproductiva se observó que el gonocorismo es el sistema sexual más común de ambos Infraordenes, también se encontraron casos de hermafroditismo y varios casos de intersexualidad, finalmente se consideró que la variabilidad entre las especies de Axiidae y Gebiidea para la fecundidad y tamaño del huevo parecía indicar diferencias importantes en la estrategia reproductiva de estos decápodos.

Hernández y Camargo (2018), analizaron la estructura social, el dimorfismo sexual y el crecimiento relativo en la madriguera de *Callichirus seilacheri*, en el Pacífico oriental tropical, algunos de los resultados observados: no se detectaron parejas de camarones o madrigueras habitadas por más de un camarón durante el periodo de estudio, los machos eran significativamente más pequeños que las hembras, lo que denota dimorfismo sexual, con respecto al tamaño del cuerpo.

Con base en la información anteriormente expuesta, la finalidad del presente trabajo es analizar la estructura poblacional y los valores de fecundidad de la población de *C. islagrande* en la Barra de Corazones, ubicada en la boca sur de la Laguna de Tamiahua al norte del Estado de Veracruz, México, en el periodo comprendido entre abril de 2012 a octubre de 2013 y en abril y octubre de 2014.

Objetivos.

Objetivo general

Analizar la estructura poblacional y fecundidad de *Callichirus islagrande* en la Barra de Corazones, Laguna de Tamiahua, Veracruz, México.

Objetivos particulares

- Determinar por medio de un análisis multivariado las morfometrías básicas para el análisis de la población.
- Establecer la proporción sexual de la población.
- Detectar la temporada de reproducción.
- Identificar la talla mínima de reproducción.
- Analizar la relación existente entre la morfometría y el número de embriones.

Área de estudio.

La laguna de Tamiahua, está localizada al norte del estado de Veracruz, entre los 20° 57' 36" a 22° 06' 32" de latitud Norte y los 97° 18' 41" a 97° 46' 17" de longitud Oeste; es, por su tamaño, es la tercer laguna más grande en la República Mexicana, pues cuenta con una superficie de 1,405 km², el clima es de tipo cálido húmedo con una temperatura promedio de 23° C y una precipitación pluvial media anual de 1,500 mm (Reséndez, 1970).

Aspectos fisiográficos y meteorológicos

La laguna de Tamiahua, tiene una longitud de 85 km, es una plataforma de barrera interna; presenta dos bocas, al norte la Barra de Tampachiche y al sur la Barra de Corazones, ambas de origen natural, que se conectan con el Golfo de México. Su importancia radica en que es el límite norte de un sistema de manglar extenso y bien estructurado en el Golfo de México (Castañeda y Contreras, 2001) (Figura 5).

Según la clasificación de la FAO-UNESCO (1988), se puede encontrar un suelo con una alta porción de arcilla (> 30%), al menos hasta con un 50% de profundidad; desarrolla fisuras de hasta 1 cm de ancho. Las formaciones naturales, asociadas a esta laguna, se encuentra una larga franja de arena que se extiende poco más de 112 km colindando con el puerto de Tampico la cual se denomina Cabo Rojo, debido a que las arenas de las playas tienen un color rojizo cuando se encuentran mojadas. Los vientos en las costas de Tamiahua son del norte; en verano prevalecen vientos del Este y en el invierno del Norte-Noreste, la evaporación es moderada, la laguna tiene forma alargada con una profundidad media de 2-3 m.

Entre octubre y mayo, la altura de las olas se ve influenciada por la intensidad del viento debido a las corrientes de los "nortes", presentándose olas mayores a 2.5; metros, de octubre a noviembre las lluvias se presentan debido al paso de los frentes fríos, siendo de menor intensidad que entre diciembre y febrero, donde las lluvias están relacionadas a la influencia estacional y el paso de sistemas tropicales (Castañeda y Contreras, 2001).

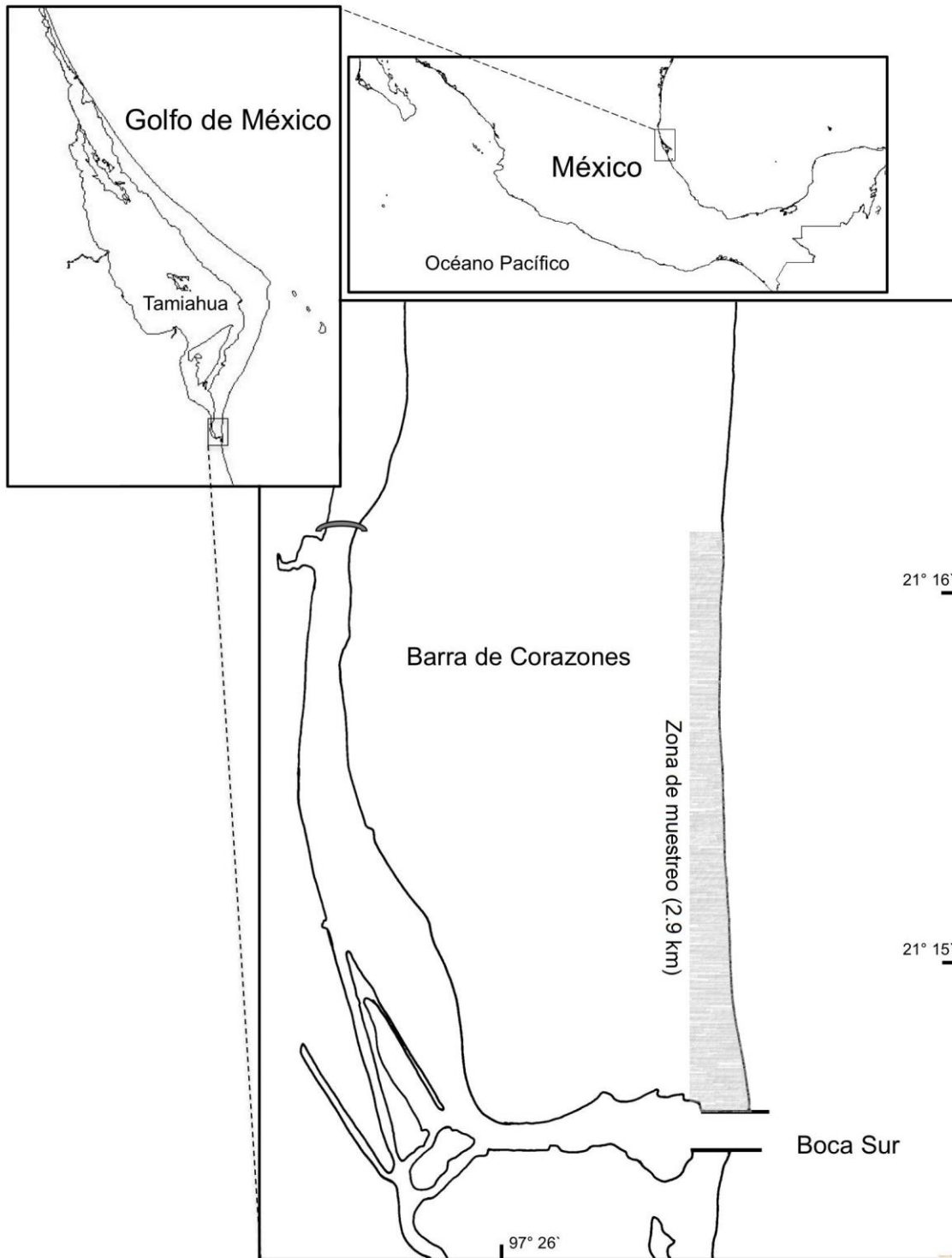


Figura 5.- Ubicación de la laguna de Tamiahua al Norte del Estado de Veracruz, México ($20^{\circ} 57' 36''$ a $22^{\circ} 06' 32''$ N y los $97^{\circ} 18' 41''$ a $97^{\circ} 46' 17''$ W) Tomado y modificado de INEGI 1: 50,000).

Aspectos bióticos

Los principales tipos de vegetación y uso de suelo en esta región son la agricultura, las actividades pecuarias y forestales, que puede ser permanentes o temporales, ocupan un 54% de la superficie. La vegetación halófila, la cual se establece únicamente en suelos salinos, se encuentra denominada por los manglares en zonas costeras, dunas y fangosas, siempre zonas salobres, pueden alcanzar los 25 m de altura, lo que cubre el 32% de la superficie, finalmente la vegetación de dunas, el 8% (FAO-UNESCO, 1988).

Material y Método.

Trabajo de campo

Se realizaron un total de 17 recolectas: 15 de éstas durante el periodo de abril de 2012 a octubre de 2013, y dos en el año 2014 (abril y octubre) (Tabla 1); los muestreos se realizaron en la línea de costa en la zona intermareal, de la boca sur de la laguna de Tamiahua hasta una distancia de 2.9 km hacia el norte (Figura 5).

Los organismos fueron extraídos del sustrato con ayuda de una “yabby pump”, su contenido, arena principalmente con los organismos, era filtrada a través de un tamiz con apertura de malla de 2 mm, separando a los organismos y restos orgánicos del sustrato; una vez separados de la arena, los individuos fueron depositados en frascos de boca ancha de tereftalato de polietileno (PET) de 1 l, conservados en alcohol etílico al 70% y etiquetados con los datos generales de la colecta (fecha, colectores) (Figura 6).

Tabla 1. Meses por año en que se llevaron a cabo las recolectas de *C. islagrande*.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2012				X			X	X	X	X	X	X
2013	X			X	X	X	X	X	X	X		
2014				X						X		

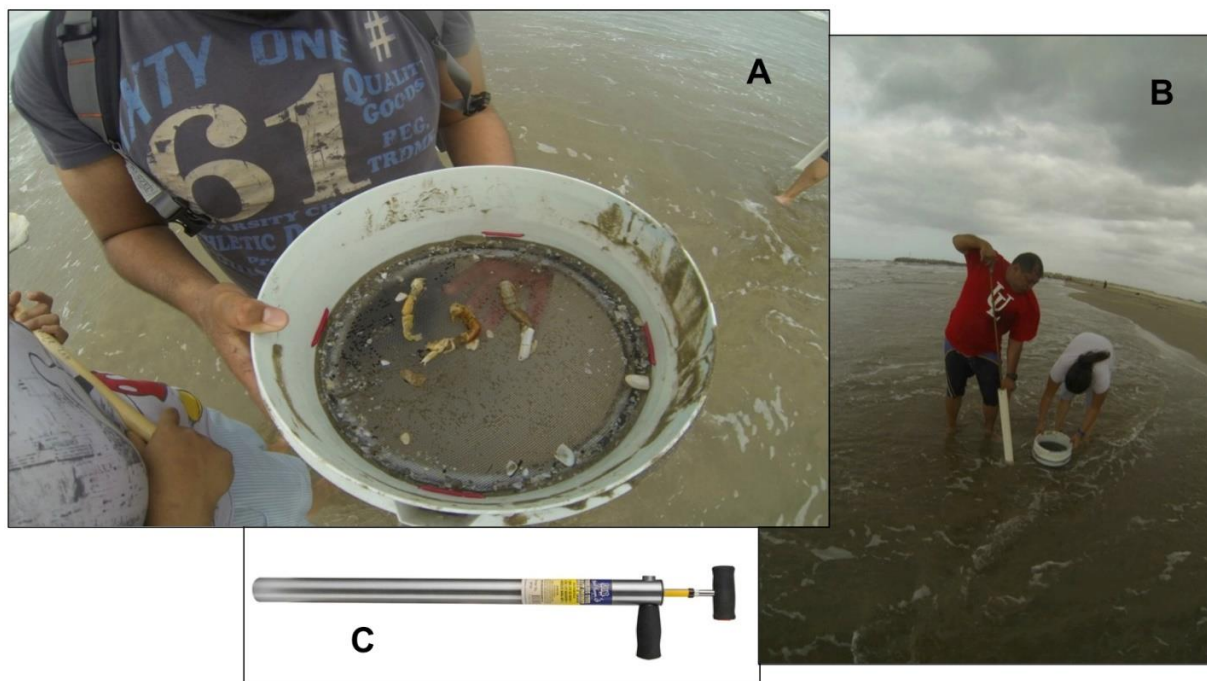


Figura 6.- Proceso de extracción y recolecta de *C. islagrande*. A) organismos separados del sustrato y materia orgánica a través del tamiz; B) manejo de la bomba para la extracción de los organismos; C), “yabbie pump”.

En muchos trabajos de la zona litoral se requiere posicionar estaciones de muestreo en la zona de playa, lo que hace necesario conocer las características topográficas de ésta, por lo que se realizaron perfiles topográficos mediante el procedimiento Nivelación Diferencial Simple (NDS), para esto, se realizaron tres levantamientos en la zona de playa, se escogió un nivel de referencia arbitraria o algún banco de nivel topográfico, es necesario conocer de manera precisa la variación de las mareas en el área. El perfil se orientó de manera perpendicular a la línea de costa, se registró su dirección con la brújula y se estableció la ubicación del punto inicial y final con ayuda de un GPS (GARMIN, eTREX H), posteriormente se realizó el reconocimiento del área para determinar el sitio de colocación de los puntos visados y las estaciones, los puntos visados se colocaron donde se observaron cambios de relieve y las estaciones en las zonas supra, meso e infralitoral.

Se procedió a colocar la estaca en el punto visado (PV1), el cual correspondió al nivel medio del mar o el nivel de referencia, se colocó una persona en la primera estación con el nivel de mano, el cual se colocó de manera horizontal y se anotó la lectura del

estadal en la libreta de campo, es decir, se midió la distancia entre el estadal y el sitio donde se encontraba el nivel de mano. En cada estación se realizó la toma de una muestra de arena de manera manual de aproximadamente 15 cm (profundidad), se depositó en una bolsa plástica y se etiquetó. Este procedimiento se repitió en las tres estaciones que fueron establecidas (Carranza y Chávez, 1994).

Por último, se tomó un núcleo del perfil de la playa dentro un tubo de PVC, se colocó el núcleo justo arriba de una madriguera, después se golpeó cuidadosamente el núcleo para que este penetrara a 50 cm con la finalidad de obtener un perfil estratigráfico de los sedimentos de la madriguera (Granados *et al.*, 2000) (Figura 7).

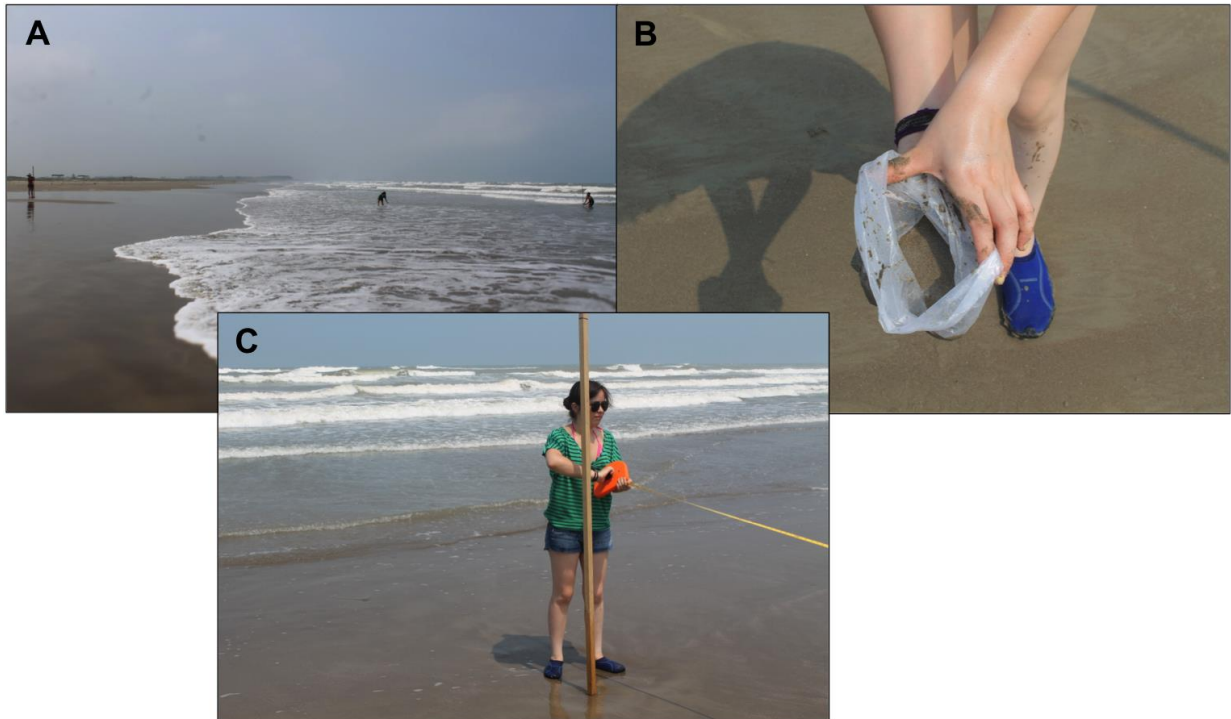


Figura 7.- Perfil de playa. A) Delimitación de las zonas para el Perfil de Playa; B) Zonificación del Perfil de Playa: Infraplaya, Mesoplaya y Supraplaya; C) Toma de muestra de arena.

Trabajo de laboratorio

Una vez en el laboratorio (Taller de Biología de Animales III) de la Facultad de Ciencias (FC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), los organismos colectados fueron lavados con agua corriente durante 1 hora y preservados en alcohol etílico al 70%. La identificación a nivel de especie se realizó, en el entonces Laboratorio

de Carcinoparasitología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la UNAM, el cual estuvo bajo la coordinación del Dr. Ramiro Román Contreras.

A los organismos se les registraron siete medidas morfológicas: largo de cefalotórax (LC), que va de la comisura posterior de los pedúnculos oculares al perfil posterior dorsal del caparazón en su región más dorsal y donde se une con el abdomen; largo total (LT), que va de la comisura posterior de los pedúnculos oculares al final del telson; largo (LOv) y ancho del ovalo rostral (AOv), el primero va del perfil anterior al posterior del óvalo y el segundo va de la línea izquierda a línea derecha del ovalo; largo de la línea talasínica (LLT), que va del perfil anterior del ovalo rostral a la unión con el perfil posterior del caparazón; largo del primer (L1) y segundo somita abdominal (L2), que van del perfil anterior al posterior de cada una de éstas (Figura 8); las medidas fueron hechas con un vernier electrónico (Electronic Digital CALIPER, 0.01 ± 0.003 mm), finalmente se registró el sexo de los organismos: machos (σ) y hembras (ϕ); en el subgrupo de las hembras, éstas fueron divididas en no ovígeras y ovígeras. Para el caso de las hembras ovígeras (ϕ Ov), la masa ovígera fue separada de los pleópodos y se realizó el conteo de los embriones, se obtuvo también el peso húmedo de cada ϕ , con y sin la presencia de la masa ovígera y el peso de la misma masa con una balanza semi-analítica (Ohaus Adventur ± 0.001 g), finalmente se tomó el largo y ancho de una muestra de 20 embriones de cada ϕ Ov (Figura 9). Los datos de morfometrías, sexo, número de embriones entre los pleópodos, y peso fueron registrados en una base de datos en formato Excel.

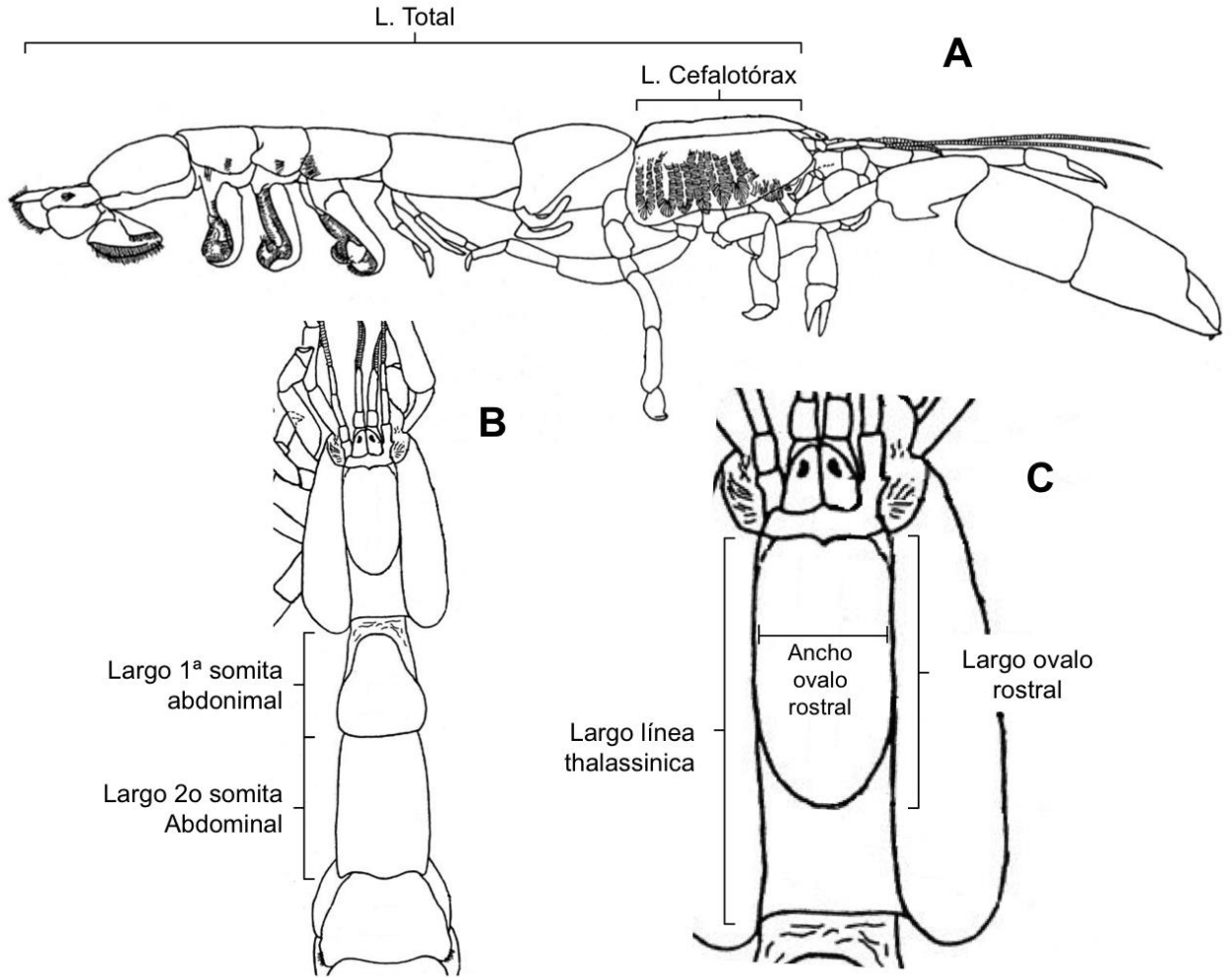


Figura 8.- Medidas morfométricas utilizadas para este estudio. A, vista lateral de un Axiido, en donde se muestra el largo del cefalotórax (LC) y largo total (LT); B, vista dorsal en donde se muestra la región del cefalotórax en donde se muestra el largo del primer y segunda somita abdominal y; C, la línea thalassinica, largo y ancho del ovalo rostral (Tomado y modificado de Heard *et al.*, 2007).

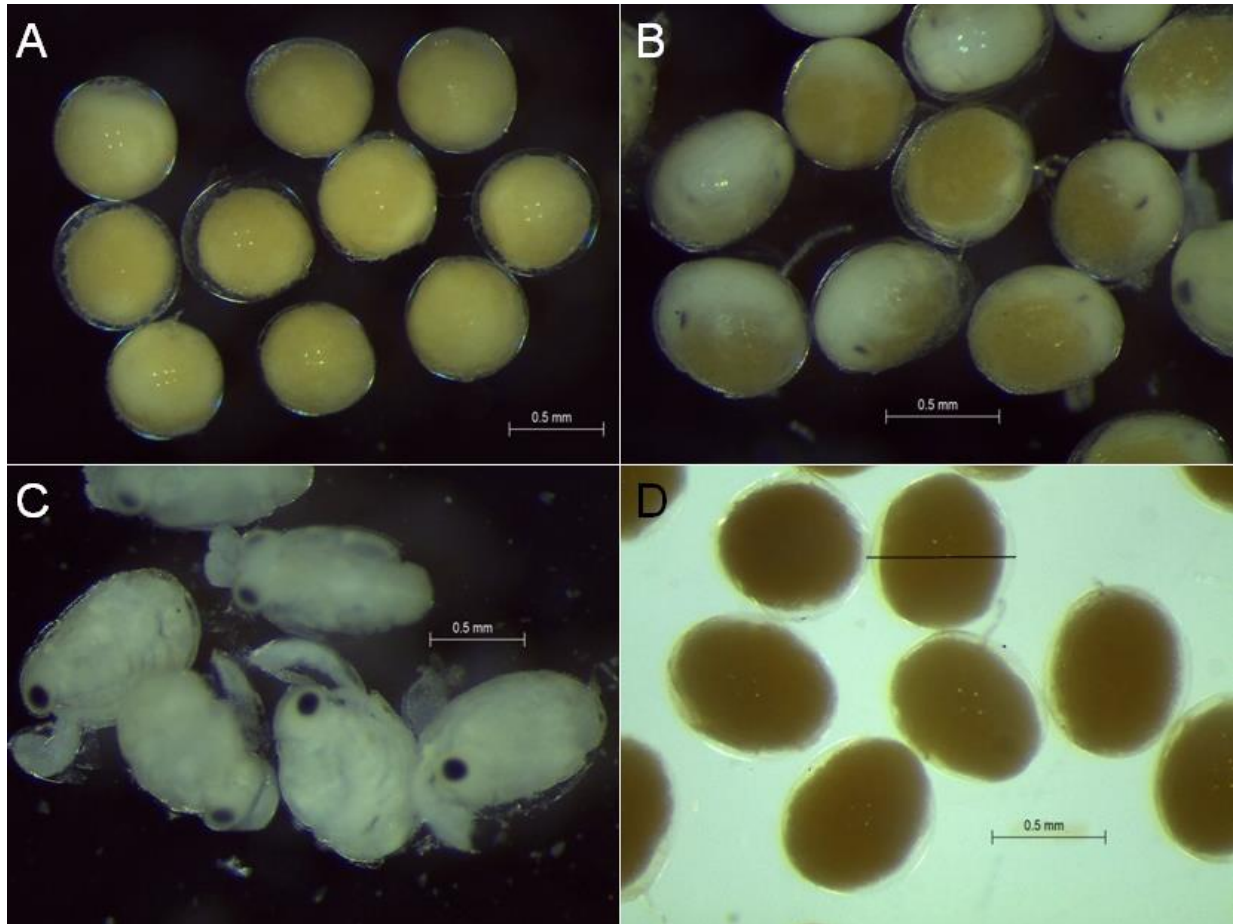


Figura 9.- Medidas de embriones y estadios de desarrollo. A, etapa 1 (Etapa temprana), vitelo ocupa al menos 75% del volumen del huevo; B, etapa 2 (Etapa intermedia), el vitelo sigue ocupando 75% del volumen del huevo y los ojos se hacen visibles; C, etapa 3 (Etapa final), ausencia del vitelo, el embrión está cerca de eclosionar y los segmentos del cuerpo son evidentes. D, medición del diámetro del huevo.

Para el estudio de granulometría se tomaron nueve muestras de arena y fueron procesadas en el Laboratorio de Sedimentología (LS) del ICMYL de la UNAM, las cuales fueron colocadas en vasos de precipitado para ser lavadas con agua destilada para eliminar sales minerales que pudieran contener, posteriormente se realizó un segundo lavado, poniendo la muestra en suspensión con agua oxigenada, para eliminar la materia orgánica floculada (esto para no dejar aglutinar la muestra), se decantó la muestra para después colocarla en charolas de vidrio para el proceso de secado, este procedimiento se llevó a cabo para todas las muestras de los tres perfiles (Anexo 1).

Una vez que las muestras de arena estaban totalmente secas, se obtuvo una fracción representativa de la muestra, se divide en cuatro partes, dos cuartos opuestos

se rechazan y los otros dos se conservan, se repite el procedimiento hasta obtener la fracción de estudio deseada (Folk y Ward, 1957).

El análisis granulométrico de los sedimentos se realizó con la serie completa a cada cuarto de ϕ (logaritmo negativo base dos por el milímetro de las partículas), tamices estándar la fracción que se tomó para el tamizado fue de aproximadamente 100 g.

A cada muestra se le dio un tiempo de agitación de 15 minutos; una vez concluido el tamizado, el material de cada muestra se pesó por separado en la balanza analítica y se colocó en bolsas de papel, se registró el peso y el número del tamiz del que se tomó. Los resultados de los pesos se anotaron en una tabla para poder obtener el porcentaje de muestra correspondiente a cada uno de los tamaños, se calcula por pesada del residuo obtenido en cada uno de los tamices en relación con el peso inicial de la muestra. Posteriormente, se calcularon los parámetros texturales los cuales fueron obtenidos usando las fórmulas y límites sugeridos por Folk (1969). Los datos texturales son:

-Tamaño gráfico promedio (Mz): Expresa el diámetro promedio de las partículas de una muestra.

-Desviación estándar gráfica inclusiva (al): Es una medida de uniformidad o clasificación del sedimento.

-Grado de asimetría gráfica inclusiva (SKJ): Representa el sesgo o asimetría de una curva hacia material fino o grueso.

-Curtosis gráfica (Kg): Indica un acercamiento al valor de una curva. Sus límites están indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de tamaño de partículas de Wentworth (1922).

Escala de tamaños de partículas sedimentarias					
Unidades Ø	Diámetros		# de mallas		Término textural
	mm	µm	Tyler Std.	US Std.	
-3.00	8.000	8000	2.5	0.3125	GRAVAS
-2.75	6.727	6727	3	0.265	
-2.50	5.657	5657	3.5	3.5	
-2.25	4.757	4757	4	4	
-2.00	4	4000	5	5	
-1.75	3.364	3364	6	6	
-1.50	2.828	2828	7	7	
-1.25	2.378	2378	8	8	
-1.00	2	2	9	10	
0.75	1.682	1682	10	12	ARENAS
.0.50	1.414	1414	12	14	
-0.25	1.189	1189	14	16	
0.00	1	1	16	18	
0.25	0.841	841	20	20	
0.50	0.707	707	24	25	
0.75	0.595	595	28	30	
1.00	0.5	500	32	35	
1.25	0.42	420	35	40	
1.50	0.354	354	42	45	
1.75	0.297	297	48	50	
2.00	0.25	250	60	60	
2.25	0.21	210	65	70	
2.50	0.177	177	80	80	
2.75	0.149	149	100	100	
3.00	0.125	125	115	120	
3.25	0.105	105	150	140	
3.50	0.088	88	170	170	
3.75	0.074	74	200	200	
4.00	0.062	62	250	230	
4.25	0.053	53	270	270	LIMOS
4.50	0.044	44	325	325	
4.75	0.037	37	400	400	
5.00	0.031	31			
5.25	0.026	26			
5.50	0.023	23			
5.75	0.019	19			

Fecundidad en *Callichirus islagrande*

6.00	0.016	16			
6.25	0.0131	13.1			
6.50	0.011	11			
6.75	0.0093	9.3			
7.00	0.008	8			
7.50	0.0055	5.5			
8.00	0.004	4			
8.50	0.00275	2.75			
9.00	0.002	2			
9.50	0.00138	1.38			
10.00	0.001	1			
10.50	0.00069	0.69			
11.00	0.00049	0.49			
11.50	0.00034	0.34			
12.00	0.00024	0.24			
13.00	0.00012	0.12	COLOIDES	ARCILLAS	
14.00	0.000061	0.06			
15.00	0.000031	0.03			

Análisis estadístico

A partir de las medidas morfológicas obtenidas más los diámetros promedios de los embriones, el número de éstos entre los pleópodos así como la etapa de desarrollo en la que se encontraban, sugerida por Peiró *et al.*, (2014), se realizó un análisis multivariado, con los estadísticos de análisis discriminante y análisis de regresión, esto con la finalidad de determinar la variable más representativa para posteriormente, establecer cuál era la medida morfológica de las siete registradas, que ofrece información importante dentro de la población y con ello establecer los intervalos de clase.

El método que se utilizó fue la estrategia de inclusión de variables por pasos, en donde las variables fueron incluidas paso a paso a la función discriminante tras evaluar su grado de contribución individual a la diferenciación entre los grupos. Cada variable independiente candidata a ser incluida en el modelo se evalúa mediante un estadístico de F, el cual mide el cambio que produce en el valor de la λ Wilks (expresa la proporción de la variabilidad total no debida a la diferencia entre los grupos) al incorporar cada una de las variables al modelo. Para usar el estadístico F en la selección de variables se determina un valor p , el cual corresponde a la inclusión de cada variable en la discriminación, con esto una variable pasa a formar parte de la función discriminante si el nivel crítico asociado al valor del estadístico F es menor a 0.05 y con ello es rechazada de la función si ese nivel crítico es mayor o igual a 0.05.

Posteriormente, se realizaron dos regresiones lineales, la primera con LT vs el número de embriones puestos entre los pleópodos y la segunda, LT vs el estadio desarrollo de los embriones.

Análisis poblacional

Se determinaron las frecuencias relativas de la población de *C. islagrande*, en grupos de ♂, ♀ y ♀Ov. Para conocer la proporción sexual de la población se cuantificó la cantidad de machos y hembras, primero como una población total y después por fecha de colecta, con el fin de conocer el comportamiento de la población global como unidad y por grupos.

Se establecieron ocho intervalos de clase para conocer la distribución por tallas de la población en general, La construcción de dichos intervalos de clase se realizó

considerando el largo total (LT), medida que resultó seleccionada tras el análisis estadístico explicado anteriormente.

Para establecer la talla mínima de maduración sexual se determinó a partir de aquella hembra con presencia de huevos debajo del abdomen, que presentó la menor longitud del caparazón esto se considera que la talla mínima en la cual la especie es capaz de reproducirse.

En cuanto al periodo de reproducción se determinó a partir de la mayor abundancia de hembras ovígeras en los meses de colecta.

Resultados.

Se obtuvieron un total de 979 organismos identificados como *Callichirus islagrande*.

De las morfometrías evaluadas, se seleccionó la que más información proporciona en términos estadísticos para el análisis de la población, para ello se aplicó un análisis multivariado discriminante con los valores antes mencionados, lo que arrojó a LT ser la morfometría, en términos estadísticos, como la más significativa; para ésto, entre mayor sea el valor de lambda, mayor significancia tiene en el modelo discriminante, al igual que el estadístico F y el nivel p , es decir, la lambda de LT fue de 0.99, mientras que la $F = 11.78$ y el nivel p de 0.0006, lo que indican estas pruebas es que, LT es la morfometría más robusta en el modelo, cosa que no sucede con LC, Ovalo Dorsal, Largo de la Somita 1 y Largo de la Somita 2, que si bien tiene una lambda grande, el nivel p y su correspondiente F, señalan que esta variable no aporta información alguna al modelo discriminante, por lo cual es desechada, sin embargo, con base en la literatura (Mantelatto y Franzoso, 1997, Mantelatto y García, 19999, Mantelatto *et al.*, 2002), se decidió trabajar con LT (Tabla 3).

Entonces, con base en LT de los organismos, se establecieron ocho intervalos de clase que agruparon las frecuencias absolutas y relativas para cada uno de los subgrupos de este estudio.

Tabla 3. Resumen del análisis discriminante de las medidas: Largo cefalotórax (LC), Largo 1era somita (L1), Largo 2da somita (L2), Largo línea Thalassinica (LLT), Ancho Ovalo Dorsal (AOv), donde LT es la medida de importancia.

Morfometría	λ de Wilks	F	p
LC	0.987936	0.10119	0.750473
LT	0.999979	11.76883	0.000628
AOv	0.978642	3.174347	0.075124
L1	0.975380	3.174347	0.075124
L2	0.977273	1.849152	0.174207

Análisis poblacional

Los 979 organismos se dividieron por sexos: machos (♂) con un total de 462 (47.20%) y 517 hembras (♀) (52.80%); en el subconjunto de las hembras que se dividió en dos: ♀NOv con 457 (46.67%) y ♀Ov con 60 (6.13 %) (el último porcentaje dado con base en la población total de hembras).

La fecha de recolecta en la que se capturó la mayor cantidad de organismos fue en octubre del 2012 con 94 (9.60%) organismos, seguido de julio con 90 (9.19%); la fecha en donde el número de organismos fue menor correspondió a noviembre con 38 (3.38%); para el año de 2013, enero fue el mes que más organismos fueron recolectados con 114 (11.64%), seguido de julio con 90 (9.19%) y las fechas en las cuales se recolectaron un menor número fue mayo y octubre con 29 (2.96%) cada una. La frecuencia absoluta (n), relativa (%) y la proporción entre machos y hembras, para cada una de las fechas de colecta se pueden observar en la tabla 4.

Tabla 4. Organismos capturados en cada una de las 17 recolectas en donde se muestra el valor de frecuencia absoluta (n), relativa (%) (Calculados con base en la población total) y proporción entre machos y hembras.

Año	Mes	n (%)	♀ (%)	♀Ov (%)	♂ (%)	Proporción (♂:♀)
2012	abril	57 (5.82)	34 (3.51)	1 (0.10)	22 (2.22)	0.63:1
	julio	90 (9.19)	48 (4.96)	0 (0)	42 (4.24)	0.88:1
	agosto	53 (5.41)	22 (2.27)	0 (0)	31 (3.13)	1.41:1
	septiembre	52 (5.31)	21 (2.17)	1 (0.10)	30 (3.03)	1.36:1
	octubre	94 (9.60)	50 (5.16)	0 (0)	44 (4.45)	0.88:1
	noviembre	38 (3.88)	22 (2.27)	1 (0.10)	15 (1.52)	0.65:1
	diciembre	54 (5.52)	16 (1.65)	0 (0)	38 (3.84)	2.38:1
	Total	438 (44.74)	213 (22.00)	3 (0.31)	222 (22.43)	8.18:1
2013	enero	114 (11.64)	61 (6.30)	1 (0.10)	52 (5.25)	0.84:1
	abril	55 (5.62)	14 (1.45)	1 (0.10)	40 (4.04)	2.67:1
	mayo	29 (2.96)	5 (0.52)	1 (0.10)	23 (2.32)	3.83:1
	junio	40 (4.09)	12 (1.24)	12 (1.23)	16 (1.62)	0.67:1
	julio	90 (9.19)	38 (3.92)	11 (1.12)	41 (4.14)	0.84:1
	agosto	37 (3.78)	24 (2.48)	6 (0.61)	7 (0.71)	0.23:1
	septiembre	59 (6.03)	33 (3.31)	0 (0)	26 (2.63)	0.79:1
	octubre	29 (2.96)	15 (1.55)	1 (0.10)	13 (1.31)	0.81:1
	Total	453 (46.27)	202 (20.86)	33 (3.37)	218 (22.02)	10.68:1
2014	abril	17 (1.74)	17 (1.76)	0 (0)	0 (0)	0:00
	octubre	71 (7.25)	25 (2.58)	24 (2.45)	22 (2.22)	0.45:1
	Total	88 (8.99)	42 (4.34)	24 (2.45)	22 (2.22)	0.45:1
Total general	979 (100)	457 (47.20)	60 (6.13)	462 (46.67)	1.12:1	

Las recolectas realizadas se hicieron en un ciclo anual, por lo que se puede observar que, para el primer ciclo de colecta (2012), los meses con mayor número de organismos fue octubre, julio y abril; para el segundo ciclo (2013), enero, julio y septiembre y por último para la colecta del 2014, octubre fue el mes con mayor número de organismos (Figura 10). La estructura poblacional se mantiene al hacer la revisión por mes de captura por sexo, es decir, las poblaciones de machos y hembras son similares en cada una de las muestras con una variación mínima en la que en ocasiones y por un valor mínimo, la población de hembras es mayor que la de los machos (Figura 11). Para 2012, los picos de abundancia para ambos sexos se observan en los meses de julio y octubre, repitiéndose para 2013, en los meses de julio y octubre con un crecimiento importante para enero; para el mes de septiembre, comparado con 2012, hay también un incremento en la abundancia. Para el caso de las ♀Ov este patrón no se observa pues los picos de abundancia se presentan solo entre junio-agosto y en el mes de octubre de 2013 para el caso de 2012 solo se colectaron tres ♀Ov: una en abril, una en septiembre y una en noviembre (Figura 12).

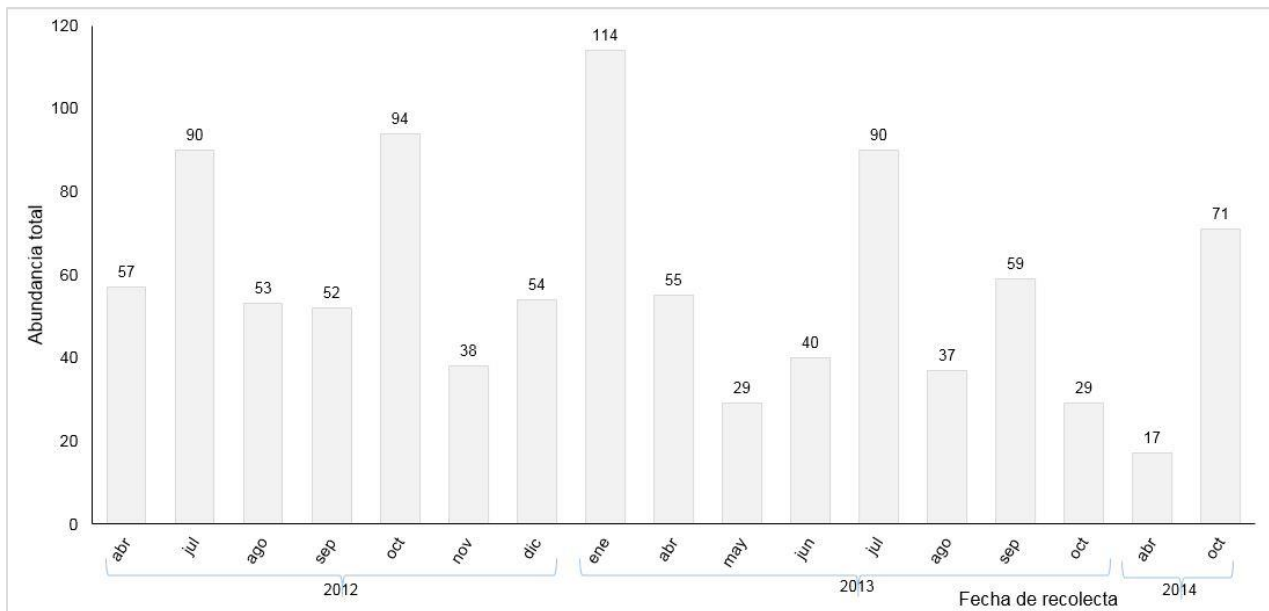


Figura 10. Fechas de recolecta y abundancia total de organismos capturados de *C. islagrande* en Barra de Corazones, Veracruz, México (2012-2014).

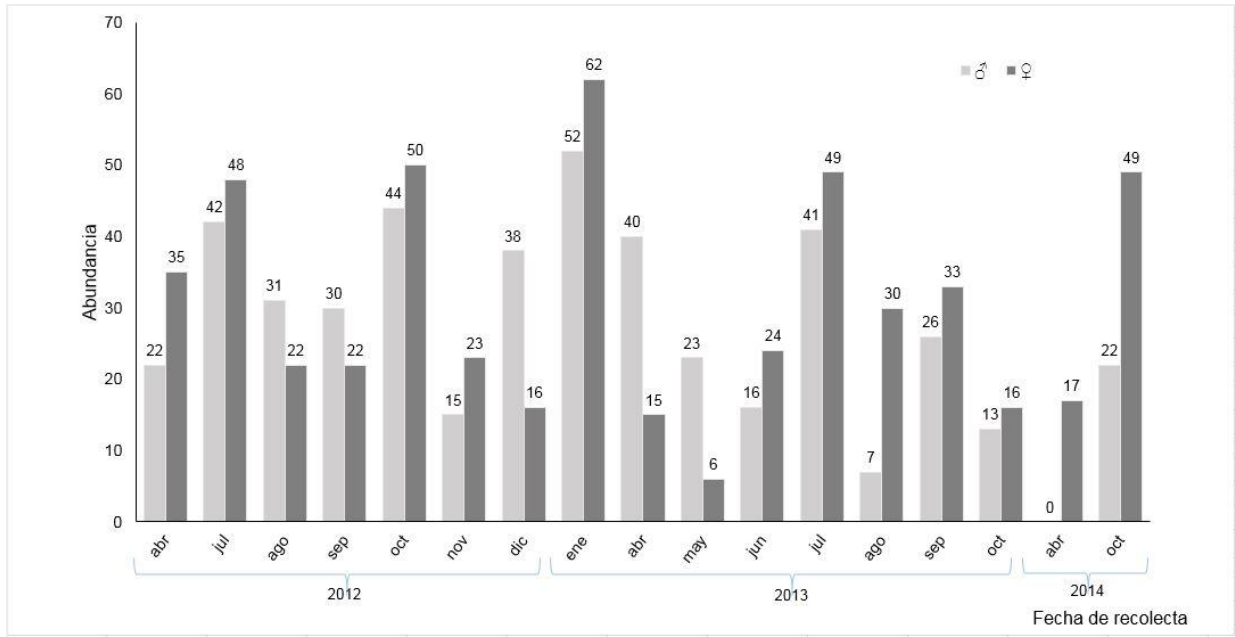


Figura 11. Abundancia por sexo de *C. islagrande* por fecha de recolecta.

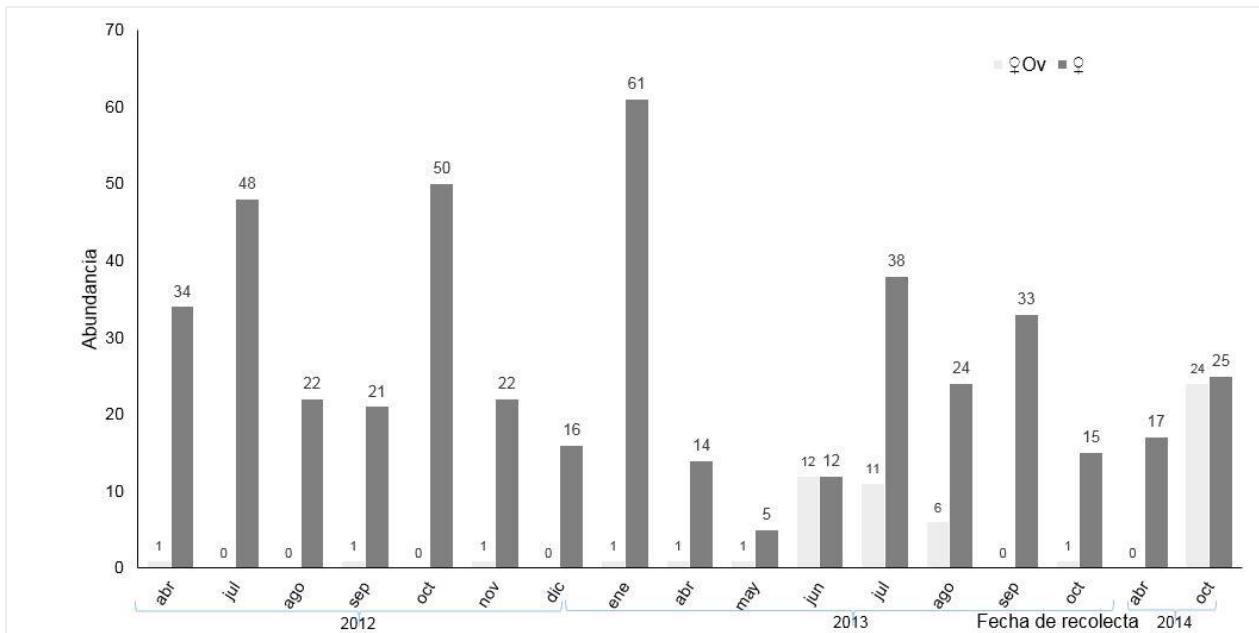


Figura 12. Abundancia de hembras ♀ y hembras ovígeras ♀Ov de *C. islagrande* por fechas de recolecta.

Los intervalos de clase establecidos para *C. islagrande* fueron ocho, para así, determinar la distribución de individuos capturados (Tabla 5).

Tabla 5. Distribución de los machos (♂), hembras (♀) y hembras ovígeras (♀Ov) de *C. islagrande* a partir de los intervalos de clase con base en LT (cm).

	Intervalos de clase LT (cm)			♀	♀Ov	♂	Total
	Inferior	Superior	Media	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
1	1.774	2.595	2.184	14 (1.43)	2 (0.20)	0 (0)	16 (1.63)
2	2.596	3.416	3.006	32 (3.27)	0 (0)	47 (4.80)	79 (8.07)
3	3.417	4.238	3.828	64 (6.54)	0 (0)	90 (9.19)	154 (15.73)
4	4.239	5.060	4.649	89 (9.09)	5 (0.51)	90 (9.19)	184 (18.79)
5	5.061	5.881	5.471	71 (7.25)	7 (0.72)	50 (5.11)	128 (13.07)
6	5.882	6.703	6.292	90 (9.19)	7 (0.72)	112 (11.44)	209 (21.35)
7	6.704	7.524	7.114	79 (8.07)	24 (2.45)	64 (6.54)	167 (17.06)
8	7.525	8.346	7.936	18 (1.84)	15 (1.53)	9 (0.92)	42 (4.29)
Total				457 (46.68)	60 (6.10)	462 (47.19)	979 (100)

En función de los intervalos de clase, se pudo observar que las hembras presentan una distribución amplia dentro de los intervalos de clase, sin embargo, se observan dos picos en esta distribución la primera en las tallas de 3.417 cm a 4.238 cm de LT, en el caso de los machos presentaron una distribución similar a la de las hembras, pero difícilmente alcanzaron tallas de 1.774 cm a 2.595 cm de LT. Así mismo, las hembras ovígeras están entre los 5.060 cm a 8.346 cm de LT, representan los últimos intervalos de esta distribución. Esto hace constar que los machos se encuentran en las clases de menor tamaño, mientras que las hembras dominan las clases de mayor tamaño, los datos de esta tesis son similares a lo reportado en el artículo de Alves *et al.*, (2018), en donde se hizo una descripción similar, pero con la especie de camarón fantasma *C. major*.

Aun cuando la población total se encuentra concentrada entre los intervalos de clase 3 a 7 y que representan un 86.0%, con tallas que van de los 3.417 a los 7.525 cm de LT, puede observarse que se presenta una distribución con dos modas, la primera en los intervalos 2 a 4 y la segunda en los intervalos 6 y 7 (Figura 13). Esa misma distribución en los intervalos de clase, ahora por sexo, se muestra que para ♂, éstos están concentrados en los intervalos 3 a 6 con tallas de los 2.596 a los 7.524 cm de LT, pero también se observa una estructura es bimodal, la primera en los intervalos 2 a 4 y la segunda en los intervalos 6 y 7; dato muy parecido al comportamiento de la población general. Para el grupo de ♀, la distribución es más homogénea entre los intervalos, pero concentrándose en los intervalos 3 a 7 con tallas que van de los 3.417 a los 7.524 cm de LT (Figura 14).

Tratándose de las poblaciones de ♀ y ♀ Ov, se puede observar que existe presencia de las primeras en todos los intervalos de clase, por otro lado, las segundas, se encuentran concentradas en los dos últimos intervalos con tallas que van de los 6.704 a 8.346 cm de LT, aun así, existe la presencia de este tipo de ♀ Ov desde el intervalo 4 mismo que comienza con una LT 4.239 cm. De manera extraordinaria, se observan dos ♀ Ov en el primer intervalo, organismos muy pequeños ya con embriones entre los pleópodos, los cuales fueron recolectados en el mes de julio de 2012 (Figura 15).

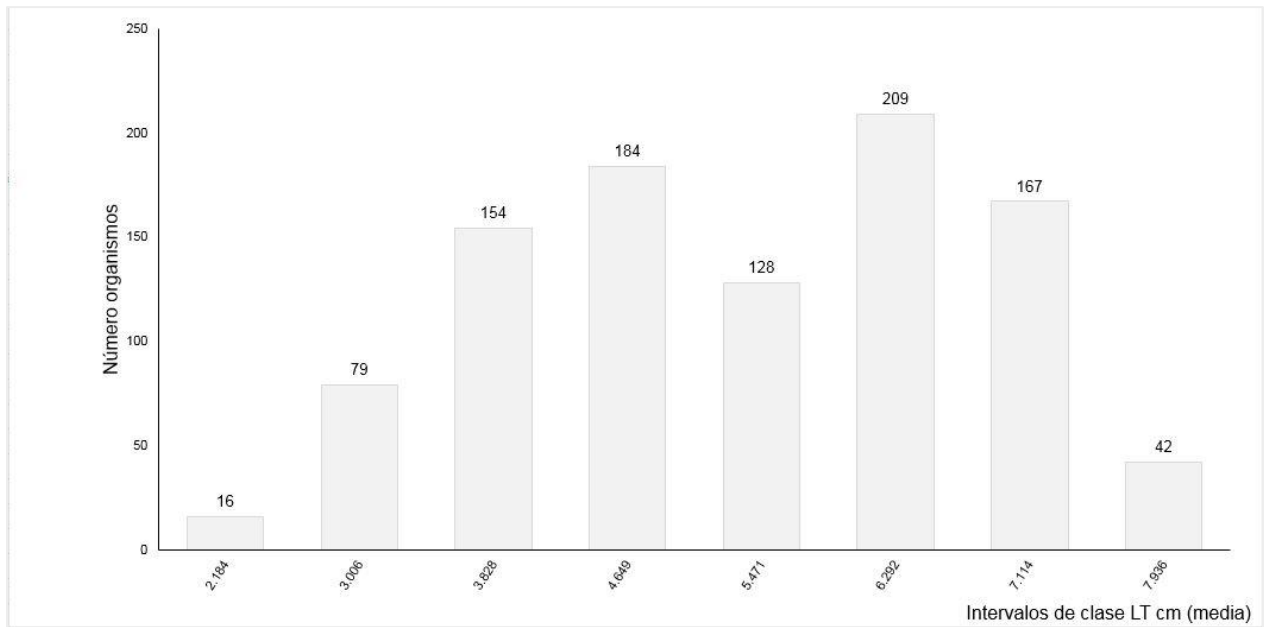


Figura 13. Abundancia de individuos de *C. islagrande* por intervalo de clase.

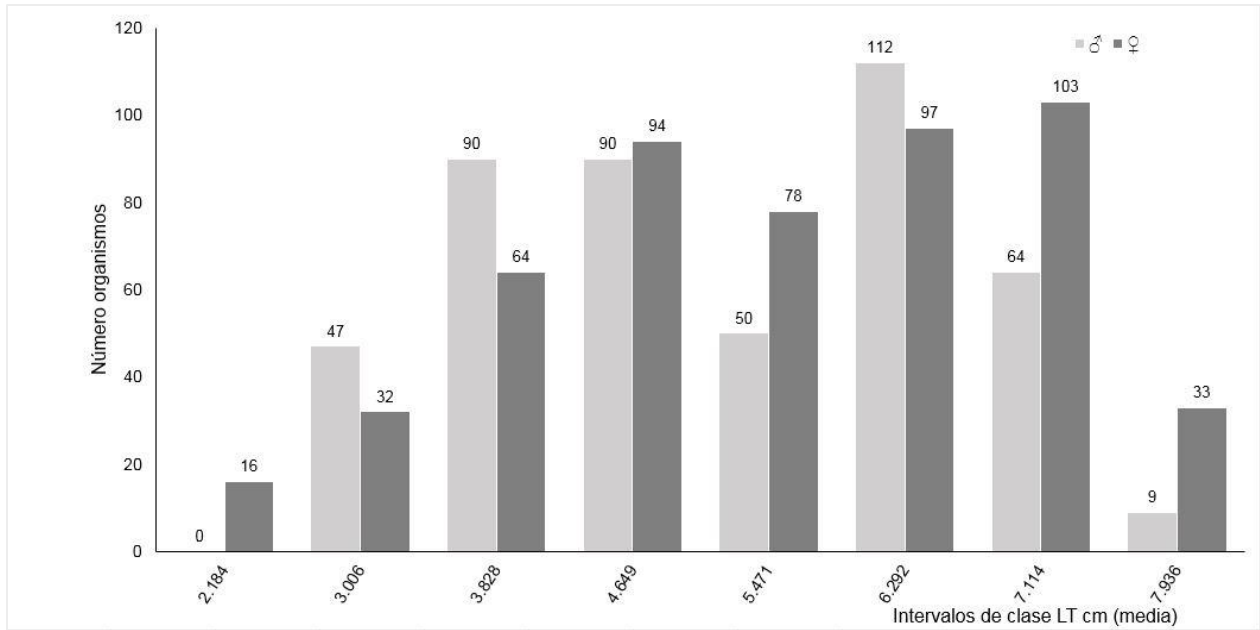


Figura 14. Abundancia de individuos por sexo de *C. islagrande* por intervalo de clase.

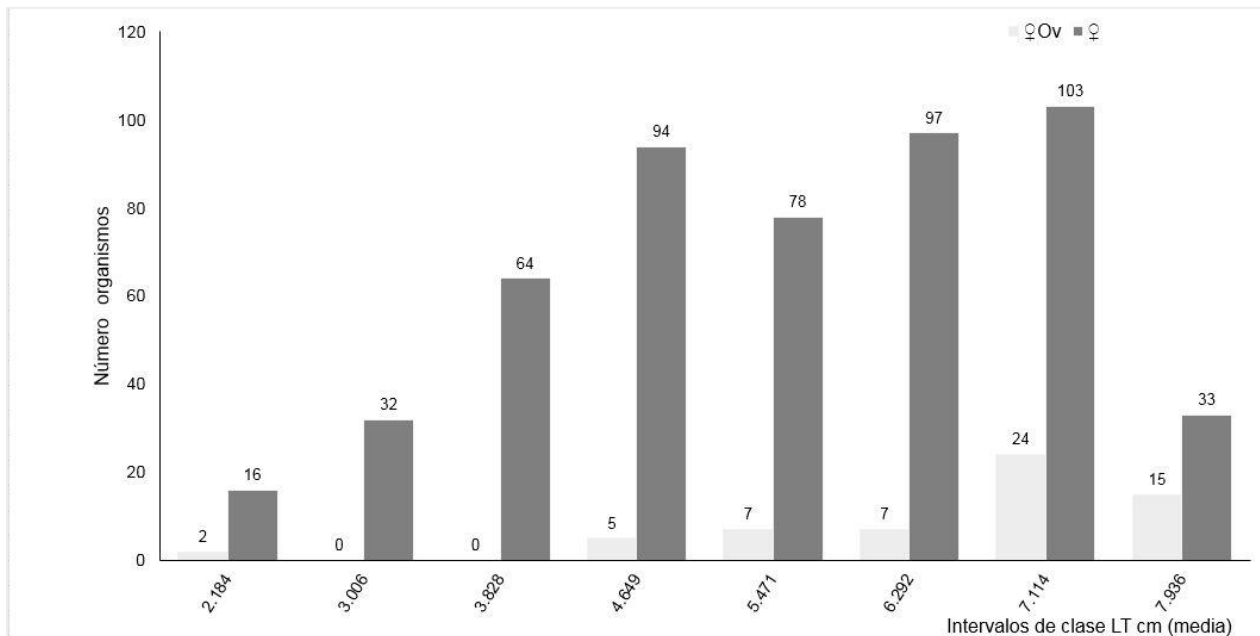


Figura 15. Abundancia de hembras ♀ y hembras ovígeras ♀Ov en los intervalos de clase.

Para determinar el número de embriones a través de la medida LT se utilizó un modelo de regresión lineal simple $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$ donde $i = 1, 2, \dots, n$, donde n es el número de observaciones que corresponden a LT.

Donde ε_i es una variable aleatoria con distribución normal con media cero y varianza σ^2 constante e independencia entre cada uno de los errores de ε_i .

El modelo se ajustó por el método de mínimos cuadrados y se utilizó un modelo sin ordenada al origen, es decir, $y_i = \beta_1 x_i + \varepsilon_i$, esto porque la ordenada mide el valor inicial de embriones que se tienen cuando no hay medida del caparazón y por tanto no hay organismos, por lo que el modelo al origen es procedente.

El modelo que resultó fue:

Al verificar el modelo efectivamente se cumplen los supuestos del análisis de regresión, como medida de ajuste del modelo se tiene al coeficiente de determinación el

cual se mide como $R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$ que indica la variabilidad explicada por el modelo y

por tanto señala el ajuste de este. En este caso este coeficiente es igual a 0.843 lo que indica que es un buen modelo para la explicación de los datos.

Con respecto a las hembras ovígeras, se realizó una regresión lineal para determinar la relación del número de embriones contenidos entre los pleópodos vs LT. Al ajustar un modelo lineal simple con un valor de $R^2 = 0.8432724$, es decir, es posible explicar la relación de un 84.32% de los casos observados en este estudio. El modelo ajustado para el número de embriones, #E = 17.81 multiplicado por LT (Figura 16), indica que por cada centímetro del LT o unidad de crecimiento que observe la hembra, incrementará un número igual a 17.81 embriones, lo que señala que LT es altamente significativa para explicar el tamaño de los embriones.

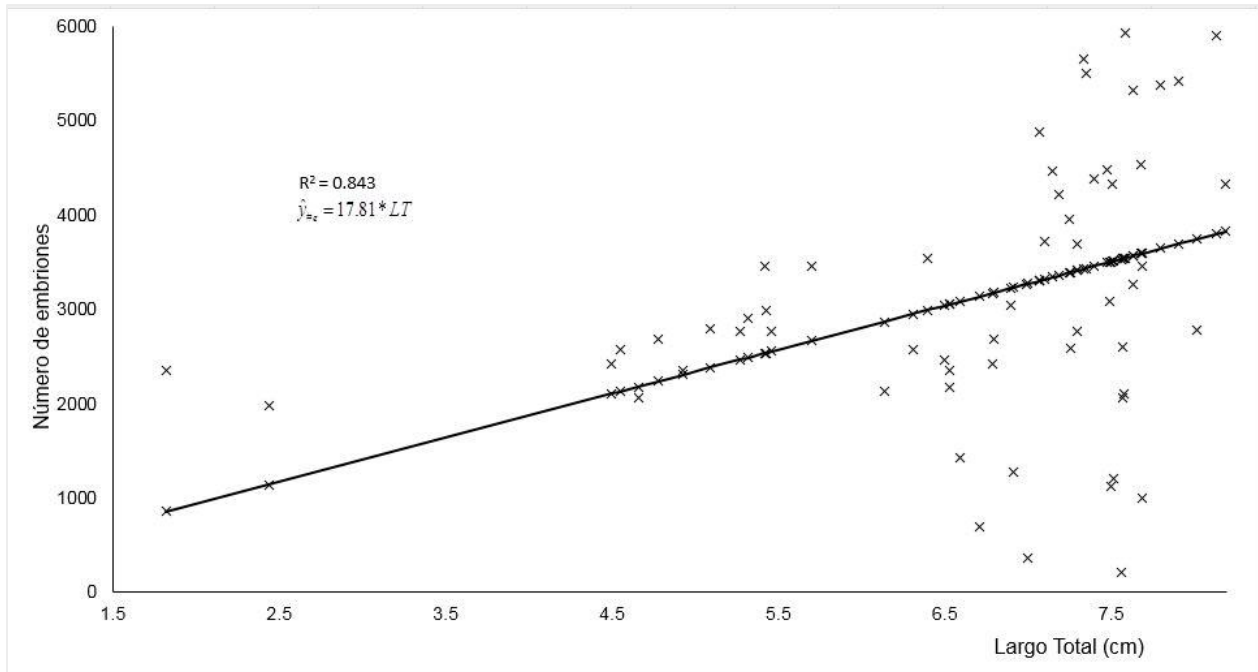


Figura 16. Relación de LT y el número de embriones por hembras ovígeras ♀Ov. #E = 17.81*LT, $R^2 = 0.843$.

Posteriormente, se realizó la regresión lineal considerando la fase 1 y la fase 2, para determinar la relación del número de embriones entre los pleópodos. Al ajustar un modelo lineal simple para el caso de la Fase 1, indicó que la $R^2 = 0.838$, es posible explicar la relación de un 83.8% de los casos. El modelo ajustado es número de embriones (#E) igual a $479.47 * LT$, se observó un incremento de 479.47 embriones por cada unidad de LT (cm), mientras que para la Fase 2, al ajustar un modelo lineal simple con origen $R^2 = 0.855$, es posible explicar la relación de un 85.5% de los casos. El modelo ajustado es número de embriones (#E) igual a $471.32 * LT$, se observó un incremento de 471.32 embriones por cada unidad de LT (Figura 17).

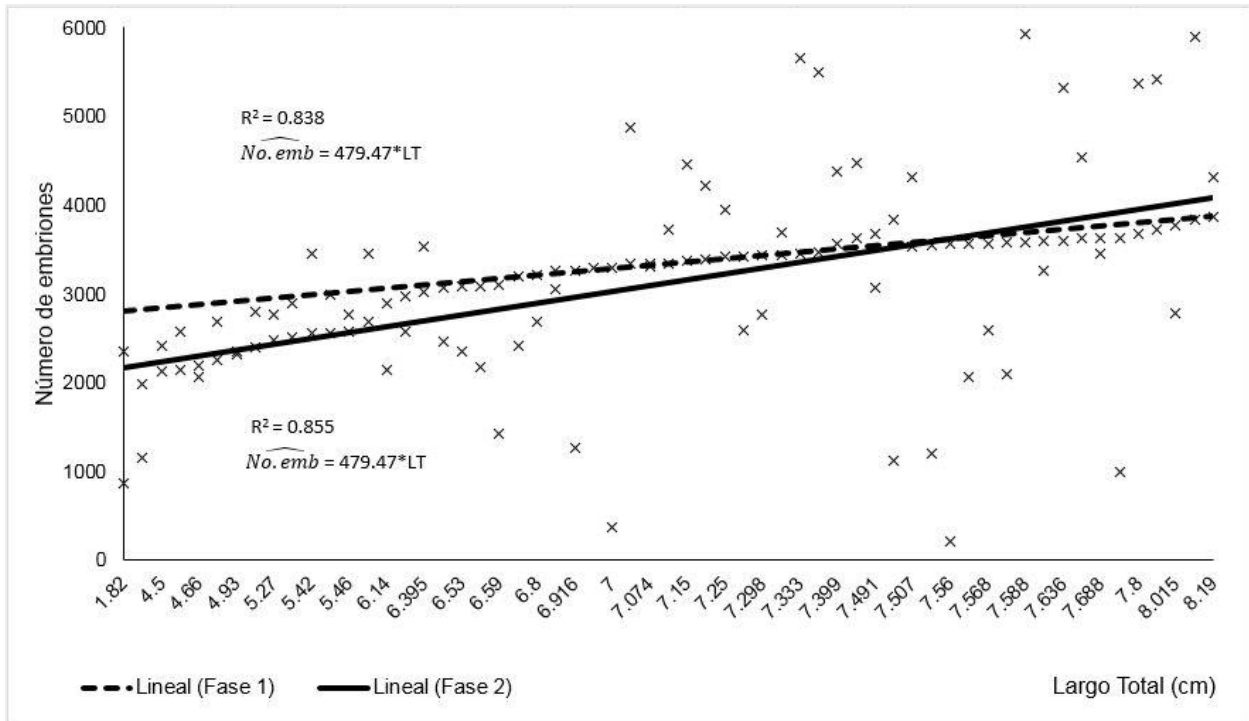


Figura 17. Relación de LT y el número de embriones por hembras ovígeras ♀Ov, en la Fase 1 (#Em = $479.47 * LT$, $R^2 = 0.838$), y la Fase 2 (#Em = $471.32 * LT$, $R^2 = 0.855$).

Por último, se hizo una regresión lineal para determinar la relación, para la Fase 1, diámetro del embrión vs LT, Al ajustar un modelo lineal simple con origen $R^2 = 0.990$, es posible explicar la relación de un 99.0% de los casos. El modelo ajustado es diámetro de los embriones ($\varnothing E$) igual a $0.08 * LT$, se observó un incremento de 0.008 en el diámetro (cm) por cada unidad de LT (cm) (Figura 18).

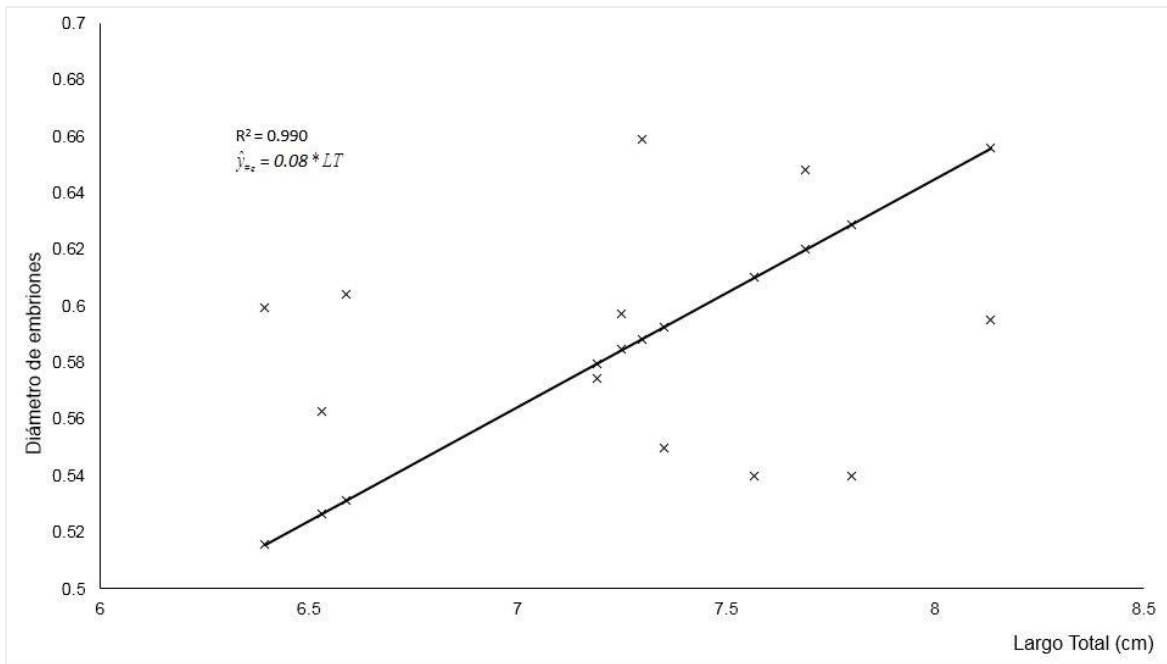


Figura 18. Relación de LT y el diámetro del embrión por hembras ovígeras ♀Ov. $\varnothing E = 0.08 * LT$, $R^2 = 0.990$.

Análisis de granulometría

Con los datos obtenidos del tamizado y el análisis granulométrico por láser, se aplicaron una serie de fórmulas para determinar los parámetros texturales (Tamaño gráfico promedio, Desviación estándar gráfica inclusiva, Grado de asimetría y Curtosis) (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados finales del análisis de granulometría de Barra de Corazones, Boca Sur, Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. (I: Infraplaya; M: Mesoplaya; S: Supraplaya; Mz: Promedio gráfico (media); σ_i : Desviación estándar gráfica inclusiva; S_{ki} ; Grado de asimetría gráfica; K_G = Curtosis gráfica).

Muestra	Fracciones (%)			Parámetros estadísticos			
	Arenas	Lodos (Resto)		Mz	σ_i	S_{ki}	K_G
I-1	99.954	0.046		2.735	0.417	-0.230	1.362
M-1	99.943	0.057		2.661	0.403	-0.269	1.236
S-1	99.958	0.042		2.680	0.339	-0.165	1.208
I-2	99.966	0.034		2.669	0.464	-0.325	1.327
M-2	99.987	0.013		2.749	0.274	-0.113	1.198
S-2	99.970	0.030		2.784	0.254	-0.129	1.207
I-3	99.954	0.046		2.706	0.402	-0.262	1.366
M-3	99.977	0.023		2.745	0.286	-0.142	1.226
S-3	99.983	0.017		2.761	0.256	-0.081	1.162
Núcleo	Arenas	Limos	Arcillas	Mz	σ_i	S_{ki}	K_G
0-1 F	98.767	0.917	0.316	2.473	0.450	-0.055	1.033
15-16 I	100.000			2.492	0.396	-0.051	1.010
29-30 S	100.000			2.491	0.400	-0.048	0.997

Muestras analizadas por tamizado.

Muestra I-1: Arena fina, bien clasificado y leptocúrtico.

Muestra M-1: Arena fina, bien clasificada, asimétrico hacia los gruesos y leptocúrtico.

Muestra S-1: Arena fina, bien clasificada, asimétrico hacia los gruesos y leptocúrtico.

Muestra I-2: Arena fina, bien clasificado, muy asimétrico hacia los gruesos y leptocúrtico.

Muestra M-2: Arena fina, muy bien clasificado, asimétrico hacia los gruesos y leptocúrtico.

Muestra S-2: Arena fina, muy bien clasificado, asimétrico hacia los gruesos y leptocúrtico.

Muestra I-3: Arena fina, bien clasificado, asimétrico hacia los gruesos y leptocúrtico.

Muestra M-3: Arena fina, muy bien clasificado, asimétrico hacia los gruesos y leptocúrtico.

Muestra S-3: Arena fina, muy bien clasificado, simétrico y leptocúrtico.

Muestras analizadas (Núcleo) Granulometría por láser.

0-1 F: Arena fina, bien clasificado, simétrico y mesocúrtico.

15-16 I: Arena fina, bien clasificado, simétrico y mesocúrtico.

29-30 S: Arena fina, bien clasificado, simétrico y mesocúrtico.

Los resultados del análisis granulométrico para el caso de las muestras analizadas por tamizado que se encuentran en la Tabla 5, se observa que las características de los sedimentos indican arenas finas desde bien clasificada hasta muy bien clasificada, con curvas desde simétricas, asimétricas hacia los tamaños gruesos y muy asimétricas hacia los tamaños gruesos, y leptocúrticas. No obstante, dominaron: 1) Arenas finas; 2) Arenas muy bien clasificadas; 3) Sedimentos con curvas asimétricas; y 4) Sedimentos con curvas leptocúrticas.

Para el caso del análisis granulométrico para las muestras analizadas por láser que se encuentran en la Tabla 5, se observan las siguientes características: 1) Arenas finas; 2) Arenas bien clasificadas; 3) Sedimentos con curvas simétricas; y 4) Sedimentos con curvas mesocúrticos.

Discusión.

Para este trabajo, se analizaron un total de 979 organismos que pertenecen a la especie *Callichirus islagrande*, los cuales se dividieron en dos grupos: ♂ con un total de 462 organismos y que corresponden al 47.19% y 517 ♀ que corresponden al 52.78%, a partir de estos datos, se observa una proporción sexual global 1:1.119 (♂: ♀); a su vez, el conjunto de hembras se dividió en: ♀ (no ovígeras) con 457 y que corresponden al 46.68% y ♀Ov con 60 y que corresponden al 6.10%, de la población total recolectada.

Con relación a las tallas observadas en este trabajo, en el grupo de los ♂, el menor midió 2.610 cm y el mayor 8.095 cm ambos en LT; en el caso de las ♀, la pequeña midió 1.774 cm y la grande, 8.339 cm ambas en LT, y para las ♀Ov, la más pequeña tuvo una talla de 1.82 cm y la de mayor talla fue de 8.19 cm de LT.

Con relación a los intervalos de clase de la población total, se observa que esta se encuentra concentrada en los intervalos 3 a 7, suma un 86%; los ♂ presentan dos modas en los intervalos 3 y 4 da un 18.38% y los intervalos 6 y 7 suman el 17.98%; en el caso de las ♀, estas se encuentran concentradas en los intervalos 3 a 7 lo que representa un 44.54%; finalmente, las ♀Ov estas se concentran en los intervalos 4 al 8, con un 5.93% de la población total, nuevamente con estos datos se puede determinar que las hembras tienen mayores tallas que los machos, y quizás estas relaciones pueden estar asociadas con el desarrollo somático observado en los machos, cuya energía se dirige al crecimiento utilizado para el combate territorial, se atribuye mayor energía al crecimiento en especial como se observa en el trabajo de Almeida *et al.*, (2018), donde el caparazón y el quelípodo son de menor tamaño en comparación con el de las hembras, que necesitan un cuerpo más grande para tener más huevos corroboraron Hartnoll, 1985.

Los camarones fantasma se caracterizan por poseer un *status* de endemismo diferenciado, es decir, debido a la combinación de factores como la retención de larvas dentro o cerca de las madrigueras y un desarrollo abreviado de las mismas (Ziebis *et al.*, 1996), las poblaciones presentan un aislamiento de tipo local, sin embargo, en distintos trabajos, se ha observado que la densidad poblacional varía de manera temporal por factores ambientales como temperatura, tipo de sedimento y fotoperiodo (Antezana *et al.*, 1965) que se presentan en torno a la localidad donde se han asentado (Yaldwyn y Wear,

1970; Felder, 1979; Nates *et al.*, 1997; Abed-Navandi y Dworschak, 2005B; Hernáez *et al.*, 2007; 2008).

Con base en los resultados obtenidos y ante la escasa cantidad de ♀Ov obtenidas, no se puede concluir que *C. islagrande* presente una reproducción continua durante el ciclo anual, existen meses con solo un organismo en estas condiciones y meses en los cuales no se colecta ninguna hembra con embriones. Las poblaciones de ambos sexos tienen su mayor captura más o menos en las mismas fechas. Estos datos proporcionan evidencia de que la reproducción en especies tropicales no siempre es continua, lo que contradice los hallazgos reportados en numerosas publicaciones, como se menciona en el artículo de Peiro *et al.* (2014).

En estudios realizados para el Género *Callichirus*, Hernáez *et al.* (2007), lograron una captura anual de 716 organismos de *C. seilacheri*, el 43.3% de la colecta total fueron hembras y las ovígeras estuvieron presentes entre marzo y septiembre con un pico en el mes de junio en donde éstas representaron el 61.1%, mientras que Peiró *et al.* (2014), capturaron un total de 164 organismos de *C. major* en las costas de Brasil con un 15.2% de hembras ovígeras. Con lo que respecta a las hembras ovígeras en este trabajo, el porcentaje de organismos recolectados es bajo, circunstancia que motiva a plantear factores que no han sido considerados y que bien pueden estar interfiriendo. Ejemplo de esto sería una zonación de los organismos y que las hembras ovígeras no se encuentren en la zona de intermarea sino en una zona con condiciones fisicoquímicas más estables como podría ser la submareal; otro factor a considerar es la capacidad de extracción de la yabbie pump, que esta sea pequeña y que necesite una mayor potencia para lograr extraer a los organismos que se encuentren en la parte profunda de la galería (2.5 m aprox.).

Los trabajos antes mencionados indican que las especies presentan una reproducción anual continua, pese a que el número de hembras ovígeras (♀Ov) es baja en el trabajo de Peiró en 2014, sin embargo, ese valor es superior a lo observado en nuestra colecta que solo es del 6.10%. Hernáez *et al.* (2008), argumentan que en poblaciones de camarones fantasma, las hembras ovígeras (♀Ov) constituyen una proporción baja del número total de organismos colectados, debido posiblemente a que estas se encuentran ubicadas en la parte profunda de la madriguera, por lo que suele ser

difícil capturarlas con el mismo método de muestreo utilizado, estudios en este tipo de organismos han mostrado desviaciones en las proporciones de sexos, en donde las hembras tienen mayor abundancia en las poblaciones (Tunberg, 1986; Dworschark, 1988; Hanckom y Baird, 1991), esto debido al método que se emplea. Para el resto de los organismos, por otro lado, existen factores que pueden influir en la ocurrencia de hembras ovígeras como el escenario que muestra la madriguera que dificulta el encuentro entre hembras y machos, o bien las condiciones ambientales locales, particularmente la temperatura (Bauer, 1992; Lardies y Castilla, 2001).

Como se mencionó con anterioridad, con relación a las fechas de recolecta, los meses en donde se observó un mayor número de organismos es julio y octubre de 2012 y enero, julio y septiembre de 2013, sin embargo esto podría ser atribuido a cuestiones propias de la colecta por un mayor esfuerzo de captura, más allá de un efecto biológico o ambiental, sin embargo, independiente de la fecha de recolecta, las proporciones obtenidas en los tres subconjuntos no son constantes, lo que demuestra que la población no tiene una estructura poblacional estable durante el ciclo anual.

En otros estudios como ya se había mencionado puede ser atribuido al tipo de muestreo, esto por la complejidad arquitectónica de la galería lo que puede generar una “selectividad en el muestreo”, sin embargo, también se habla de que en la galería solo se pueda encontrar un ejemplar, lo que habla del estilo de vida de las madrigueras puede dificultar los posibles encuentros entre machos y hembras, este escenario también puede explicar el bajo número de hembras ovígeras (Almeida *et al.*, 2014).

Con respecto a las tallas, la existencia de dos modas marcadas para toda la población, como se observó en las figuras 11 y 12, las hembras tienen una distribución homogénea en los intervalos de clase en comparación con la distribución que se observa en los machos.

Por otro lado, en el grupo de las hembras, éstas necesitan alcanzar una talla de 3.41 cm de LT para comenzar con los eventos de reproducción; para el caso de los machos, necesitan alcanzar una talla mínima para ser reproductores la cual se considera que debe ser similar a la de las hembras, se ha observado que al alcanzar etapas adultas, estos comienzan con el desarrollo de caracteres principalmente de tipo sexual (Nates y Felder, 1999; Hernáez *et al.*, 2007), un ejemplo de esto, lo constituyen algunas especies

de camarón fantasma que muestran ornamentaciones de manera peculiar en la quela mayor, aspecto que podría ser considerado para suponer la maduración sexual, sin embargo, para poder establecer con mayor precisión la madurez sexual es necesario el desarrollo de estudios histológicos, y así determinar el inicio de madurez sexual de los organismos (Kausky, 1982; Johnson *et al.*, 2011).

Al realizar una comparación de los conjuntos de machos (♂) y hembras (♀), se puede apreciar que ambos se presentan en los intervalos de clase con tallas similares, sin embargo, las hembras adultas alcanzan tallas ligeramente mayores, mientras que los machos alcanzan tallas máximas de 6.7 cm de LT, las hembras logran los 7.524 cm de LT.

Para el caso específico de las hembras ovígeras, éstas se encuentran entre los 3.41 y 7.52 cm de LT. Hernández *et al.* (2007), mencionaron que la madurez sexual en *C. seilacheri*, inicia en tallas de 2.08 cm de largo del caparazón (LC) en machos y 1.81 cm CL (largo del caparazón) para las hembras, mientras que para el caso de *C. major*, los machos alcanzan su madurez sexual a un tamaño de 1.185 cm DO (ovalado dorsal) Peiró *et al.* (2014), teniendo la hembras ovígera más pequeña con 1.03 cm, para el caso de las hembras sin embriones la medida de primer maduración sexual fue de 1.85 cm.

Con respecto a los análisis de fecundidad, un gran número de especies de crustáceos presentan una correlación positiva entre el número de embriones y alguna medida corporal (Sastry, 1983); en este sentido, *C. islagrande* no es la excepción, ya que existe una relación positiva entre LT y el número de embriones presentes entre los pleópodos; en este trabajo, se obtuvo una $R^2 = 0.84$, es decir, existe una relación directa en donde es posible explicar el 84% de los casos analizados en esta ocasión; esta tendencia coincide con trabajos no solo del Género *Callichirus* (Hernández *et al.*, 2008), sino también para otras especies de decápodos (Mantelatto y García, 1999; Terossi *et al.*, 2010; Peiró *et al.*, 2011).

Como lo menciona la literatura (Lardies y Wehrtmann, 1996; Wehrtmann y Baez, 1997; Hernández, 2001; Turra y Pereira, 2001; Hernández *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2008), el análisis de fecundidad se realiza con embriones en fase de desarrollo I, como lo presentó el estudio de Mantelatto y García (1999), debido a que es la etapa temprana, son considerados los embriones que están recién fecundados y el vitelo ocupa al menos

el 75% del volumen, Peiró *et al.* (2014), mencionaron la técnica que fue tomada de Boolootian *et al.*, (1959), con la finalidad de realizar el estudio de fecundidad con embriones en fase I, no solo son las características que presentan, tiene que ver con que en esta etapa de desarrollo los datos que se obtienen tienen una mayor fidelidad, puesto que la pérdida de éstos no se ha presentado o es mínima. En este trabajo, se analizó la relación que existe entre el número de embriones vs LT de la hembra tanto en fase de desarrollo I como en fase de desarrollo II, encontrando valores de 11 organismos para la Fase I y de 48 organismos para la Fase II; se observó que ambas pendientes son muy parecidas, en la fase de desarrollo I se tiene como resultado una $R^2 = 0.838$; $\# Em = 479.47*LT$, lo que indica que se puede explicar un 83.8% de los casos analizados en este trabajo y se observa un incremento de 479.47 embriones por cada unidad de LT (cm) que aumenta la hembra, mientras que para la fase de desarrollo II se tiene una $R^2 = 0.855$, $\# Em = 471.32*LT$, en donde es posible explicar la relación de un 85.5% de los casos, y presentándose un incremento de 471.32 embriones por cada unidad de LT (cm), motivo por el cual tenemos que considerar que en particular para *C. islagrande*, puede hacerse el análisis de fecundidad con ambos estadios de desarrollo, la diferencia entre los valores de las R de las dos fases no supera el 2%.

Con respecto a la relación que guarda el diámetro de los embriones en la fase de desarrollo I vs LT de la hembra, ésta es positiva con un valor de $R^2 = 0,99$, es decir, la relación que se observa entre estas variables es directa y explica prácticamente el 100% de las observaciones; mientras que el valor de $\hat{Y} = 0.08*LT$, lo que explica un incremento de 0.08 mm en el diámetro por cada unidad de LT (cm).

En cuanto al análisis granulométrico, el tamaño de los sedimentos es el parámetro que posiblemente tenga mayor efecto sobre los organismos, ya que de él depende, en gran medida, la cantidad de agua retenida en los espacios intersticiales. La especie de *Callichirus islagrande* mostró una marcada preferencia por la arena fina, ya que las partículas pequeñas les permiten alimentarse de la materia orgánica adherida a ellas, la arena fina al ser más uniforme, permite a esta especie, moverse con mayor facilidad, ya que con sus piezas bucales logran la remoción del sedimento, cómo ya se había mencionado algunos organismos necesitan enterrarse rápidamente para evitar la

deseccación, por lo que es más común encontrarlos en este tipo de sustrato, ya que es más fácil mover pequeñas partículas,

La clasificación del sedimento está determinada por la cantidad de tamaños diferentes en la muestra, de manera que una arena bien clasificada indica que existen pocas clases de tamaño, los resultados de este estudio indican un predominio de arena bien clasificada y muy bien clasificada, la cual proporciona una mayor porosidad al sedimento, determinando, en ocasiones, la profundidad a la que ciertos organismos se pueden enterrar. Asimismo, la gran cantidad de agua rica en materia orgánica que queda retenida en los espacios intersticiales representa una fuente de alimento no solo para *Callichirus islagrande*, también para los organismos con los que comparte el hábitat. Este tipo de arena, al quedar más compacta, les permite la construcción de madrigueras sólidas y relativamente permanentes y da lugar a procesos sedimentarios homogéneos, y ha ambientes estables para la fauna.

El grado de asimetría gráfica inclusiva, indica el tipo de asimetría de una curva de frecuencias, de manera que las curvas con asimetría positiva representan aquellas muestras con un exceso de material fino, mientras que las que presentan asimetría negativa contienen un exceso de material grueso (Folk, 1969).

El exceso de material fino o grueso puede influir en la distribución de ciertos organismos, aunque *Callichirus islagrande* se considera selectivo para finas, se observó sedimentos con curvas simétricas, pero también hubo la presencia de curvas asimétricas hacia los tamaños gruesos, posiblemente, existan estos resultados a las diferentes zonas litorales donde se tomaron las muestras.

Finalmente, la curtosis representa qué tan aplanada o largada es una curva de frecuencia unimodal, de manera que si presenta un pico agudo es leptocúrtica, si presenta una zona horizontal en el máximo, platicúrtica y si es similar a la normal, mesocúrtica (Turner, 1970). Esta medida representa de cierto modo, el número de tamaños de grano que hay en la muestra y su distribución. Es importante que exista una estabilidad en el sustrato y ésta puede estar dada por la homogeneidad de tamaños que exista en los sedimentos, por lo que sedimentos con curvas mesocúrticas por los resultados obtenidos resultan ser los más favorables. Sin embargo, se observó que también aparecieron sedimentos con curvas leptocúrticas, es decir, con poca diferencia

de tamaños de grano, lo cual concuerda con datos obtenidos (arena bien y muy bien clasificada), que, como ya se había mencionado, es una condición favorable para el desarrollo de los organismos,

Se sabe relativamente poco acerca de la composición de las galerías a excepción de su arquitectura, sin embargo, si se tienen estudios que hablan acerca de la dinámica que existe dentro de ella, puesto que estos decápodos dependen de la autoconstrucción de dichas galerías, esto con la finalidad de cubrir una gran cantidad de necesidades, entre ellas: refugio contra depredadores, protección contra las condiciones ambientales, apareamiento, alimentación (Griffis y Suchanek, 1991; Felder y Staton, 2000).

Griffis y Suchanek (1991), realizaron la descripción de seis tipos de madrigueras formadas por los camarones fantasmas, se mencionó el tipo de sedimento que se encontraba asociado a la galería, en donde se encontraron sedimentos de grano fino en donde la estructuración del entorno se componía de sedimentos blandos, justo como se observa en este estudio, de igual forma se observó que existía una correlación negativa entre la deposición del sedimento vs la supervivencia y el crecimiento de la especie. Los estudios de la morfología de la madriguera tienen mucho potencial, ya que aún quedan muchas preguntas por resolver con relación: morfología funcional de las madrigueras, la evolución de la madriguera con respecto al comportamiento del organismo y la evolución de los niveles tróficos dentro de la especie.

Conclusiones.

- La población de *C. islagrande* en la laguna de Tamiahua, Veracruz, está compuesta por un total de 47.20% de machos y 52.80% de hembras, por lo que la proporción de sexual es de 1:1.12 (Machos: Hembras); a su vez, el subconjunto de hembras se dividió, obteniendo un 46.68% de hembras no ovígeras y un 6.10% de hembras ovígeras con respecto a la población total.
- Los meses con mayor abundancia fueron julio y octubre de 2012 y enero, julio y octubre de 2013; lo cual indica de manera superficial que hay un ciclo anual en el reclutamiento debido a que, en los mismos meses de éste, se observa una cantidad similar de organismos.
- Para el caso de las hembras, la talla mínima de maduración sexual para *C. islagrande*, es de 3.41 cm de LT y la talla máxima de 7.524 cm de LT.
- Dentro de los intervalos de clase, se observó que la población de machos tiene una estructura bimodal, mientras que de los subconjuntos de hembras no ovígeras y hembras ovígeras, presentaron una distribución unimodal, es decir, tienen una distribución homogénea.
- Se encontró una relación positiva entre talla y número de embriones que se ajusta para el 84.32% de los casos de hembras ovígeras y un aumento de 17.81 embriones por cada centímetro en LT, es decir, a mayor talla de las hembras, se observa una mayor cantidad de embriones puestos entre los pleópodos.
- La escasa densidad de hembras ovígeras podría estar asociada a una baja densidad poblacional, sin embargo, para este estudio, se puede hacer referencia al poco esfuerzo de muestreo al momento del uso de la bomba y/o a la ubicación dentro de la galería por parte de las hembras o bien una ubicación de las hembras ovígeras no sea en la intermareal.

Recomendaciones.

- Realizar un estudio para examinar los conductos deferentes para espermátóforos junto con experimentos de reproducción de laboratorio, ya que se ha observado que dicho examen ha sido útil para determinar la talla de madurez fisiológica para machos, mientras que los experimentos de reproducción controlada son fundamentales para determinar el número de hembras que un macho puede fertilizar (Paul, 1992), posteriormente:
- Efectuar trabajos de histología corroborando la madurez sexual con respecto a lo observado en el estudio, principalmente con respecto a los embriones puestos entre los pleópodos y particularmente para determinar la talla de la maduración sexual en machos.
- Llevar a cabo recolectas con un mayor esfuerzo de muestreo para obtener un mayor número de hembras ovígeras y hacer su análisis, considerar que posiblemente se necesiten bombas de mayor tamaño y emplear un método de excavación en la galería que facilite la extracción del organismo.
- Continuar con estudios relacionados a la sedimentología, que puedan explicar el ambiente en donde se encuentra *C. islagrande*, y ofrecer un aporte para entender la arquitectura de la madriguera con respecto a la biología del organismo.

Literatura citada.

- Abed-Navandi, D. y P. C. Dworschak. 2005. Food sources of tropical thalassinidean shrimps: a stable- isotope study. *Marine Ecology Progress Series*. 291: 159-168.
- Ahyong, S. T., J.K. Lowry, M. Alonso, R.N. Bamber, G.A. Boxshall, P. Castro, S. Gerke, G.A. Karaman, J.W. Goy, D.S. Jones, K. Meland, D.C. Rogers y J. Svavarsson. 2011. Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa, Monograph*. 3148: 165-191.
- Almeida, F. J., M. Cámara y A. P. Coelho. 2014. Population Biology of *Callichirus major* (Say, 1818) (Crustacea: Callianassidae) at Piedade Beach, Brazil. *Revista da Gestao Costeira Integrada* 14(1): 109-118.
- Almeida, F., J. Lemos, A.M. Ferreira y M. Camara. 2018. Population and reproductive biology of *Callichirus major* (Say, 1818) (Decapoda: Axiidae: Callianassidae) in an urban beach, Northeastern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 132(2): 166-178.
- Álvarez, F., J. L. Villalobos, M. E. Hendrickx, E. Escobar- Briones, G. Rodríguez- Almaraz y E. Campos. 2014. Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad. Suplemento* 85: S208-S219.
- Antezana, T., E. Fagetti y M. T. López. 1965. Observaciones biológicas en decápodos comunes de Valparaíso. *Revista Biología Marina*. 12(1-3): 1- 60.
- Arenas, V. 2000. Fauna carcinológica de México, Crustáceos estomatópodos y decápodos del Golfo de México, Río Bravo, Tamaulipas a Cabo Catoche, Q. Roo. Informe final del Proyecto, HO22. 1-6.
- Armendáriz, C. y R.V. Becerra, 2007. Fecundity of *Uca uruguayensis* and *Chasmagnathus granulatus* (Decapoda, Brachyura) from the “Refugio de Vida Silvestre” Bahía Samborombón, Argentina. *Brazilian Journal Biology*. 67(4): 749-753.
- Astall, C. A., A. C. Taylor y R. J. A. Atkinson. 1997. Behavioural and physiological implications of a burrow- dwelling lifestyle for two species of Upogebiid mud-shrimp (Crustacea: Thalassinidea). *Estuarine Coastal and Shelf*. 44: 155-168.

- Ayón, P. M., M. E. Hendrickx, E. Ríos-Jara y J. Salgado-Barragán. 2014. Records of mud shrimps (Crustacea: Decapoda: Axiidea and Gebiidea) from Pacific Mexico, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, Marine Biological Association of the United Kingdom. 94(2): 369-38.
- Bauer, R. T. 1991. Analysis of embryo production in a caridean shrimp guild from a tropical seagrass meadow. En Wenner A. y A. Kuris (Editores) *Crustacean egg production*. Rotterdam, The Netherlands: A. A. Balkema.181–191.
- Bauer, R. T. 1992. Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invertebrate Reproduction and Development*. 22: 193-202.
- Berkenbush, K. y A. A. Rowden. 2000. Latitudinal variation in the reproductive biology of the burrowing ghost shrimp *Callinassa filholi* (Decapoda: Thalassinidea), *Marine Biology*. 136: 497-504.
- Biffar, T. A. 1971. The genus *Callinassa* (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea) in south Florida, with keys to the Western Atlantic species. *Bulletin of Marine Science*. 21(3): 637-715.
- Bilodeau, L. A., y R. P. Bourgeois. 2004. Impact of Beach Restoration on the Deep-burrowing ghost shrimp, *Callinectes islagrande*. *Journal of Coastal Research*. 20(3), 931-936.
- Bilodeau, L. A., D. L. Felder y J. E. Nelgel. 2005. Multiple paternity in the thalassinidean ghost shrimp *Callinectes islagrande* (Crustacea: Decapoda: Callinassidae). *Marine Biology*. 146: 381-385.
- Booolootian, R. A., A. C. Giese, A. Farmanfarman y J. Tucker. 1959. Reproductive cycles of five west coast crabs. *Physiological Zoology*. 32: 213-220.
- Borradaile, L. A. 1903. On the classification of the Thalassinidea. *Annals and Magazine of Natural History*. (Series 7) 12: 535–551.
- Bott, R. 1955. Litorale Dekapoden, ausser Cca. Dekapoden (Crustacea) aus El Salvador, 2. *Senckenbergiana biologica*. 36(1/2): 45-70.
- Bracken, H. D., S. De Grave, A. Toon, D. L. Felder, y K. A. Crandall. 2010. Phylogenetic position, systematic status and divergence time of the Procarididea (Crustacea: Decapoda). *Zoology manuscript*. 39: 198-212.

- Bracken, H.D., A. Toon, D. L. Felder, J. W. Martin, M. Finley, J. Rasmussen, F. Palero, y K. A. Crandall. 2009. The decapod tree of life: compiling the data and moving toward consensus on decapod evolution. *Arthropod Systemics and Phylogeny*. 67: 99-116.
- Brúnich, M. T. 1772. *Zoologiae fundamenta*. Hafniae et Lipsiae: Grunde i Dyeloeren. 253.
- Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 2003. *Invertebrates* 2da edición. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Mass. 936.
- Burkernroad, M. D. 1963. La evolución de la Eucarida (Crustacea, Eumalacostraca), en relación con el registro fósil. *Tulane Studies in Geology*. 2:3-17.
- Cabrera, P. J., M.P. Quesada, M.U. Hernández, O.S. Vargas y R. A. Hidalgo. 2001. Tallas y fecundidad de *Juxtafabia muliniarum* (Brachyura: Pinnotheridae) asociado con *Saccostrea palmula* (Bivalvia: Ostreidae), Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 49(3-4): 889-894.
- Carranza, E. A. y M.C. Chávez. 1994. Zonificación del perfil de playa. *GeoUNAM*, 2(2): 26-32. Publica tu obra. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-13.
- Carranza, E. A. 2009. Causas y consecuencias de la erosión de playas. En: Yañez-Arancibia A. (Editor). *Impactos del cambio climático sobre la zona costera*, Instituto de Ecología (INE-SEMARNAT). 37(A): 1-13.
- Chazaro, O. S., A. Rocha-Ramirez y R. Román-Contreras. 2000. Observations on feeding, maturity, and fecundity of *Callinectes similis* Williams, 1966, on the central continental shelf off Veracruz, Gulf of Mexico. *Crustaceana*. 73(3): 323-332.
- Castañeda, L. O. y F. E. Contreras. 2001. Serie: Bibliografía comentada sobre ecosistemas costeros mexicanos. Centro de documentación ecosistemas litorales mexicanos. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. ISBN: 970-654-912-9.
- Clarke, A. y D. J. Gore. 1992. Egg size and composition *Ceratoselis* (Crustacea: Isopoda) from the Weddell Sea. *Polar Biology*. 12:129-134.
- Coelho, V. R. y S. A. Rodrigues. 2001. Setal Diversity, trophic modes and functional morphology of feeding appendages of two callianassid shrimps, *Callichirus major*

- and *Sergio mirim* (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae). *Journal of Natural History*. 35(10): 1447-1483.
- Dana, J.D. 1852. Crustacea. Part I. United States Exploring Expedition, during the years 1838, 1839, 1840, 1841, 1842, under the command of Charles Wilkes, U.S.N. 13: 1–685 (with a folio atlas of 696 plates published 1855).
- De Grave, S., N. D. Pentecoeff, S.T. Ahyong, T. Y. Chan, K. A. Crandall, P. C. Dworschak, D. L. Felder, R. M. Feldmann, C. H. J. M. Fransen, L. Y. D. Goulding, R. Lemaitre, M. E. Y. Low, J. W. Martin, P. K. L. Ng, C. E. Schweitzer, S. H. Tan, D. Tshudy y R. Wetzler. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *The Raffles Bulletin of Zoology*. 21: 1-109.
- Dworschak, P. C. 2000. Global diversity in the Thalassinidea (Decapoda). *Journal Crustacean Biology*. 20: 238-245.
- Dworschak, P. C. 2001. The burrows of *Callianassa tyrrhena* (Petagna, 1792) (Decapoda: Thalassinidea). *Marine Ecology. Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli*. 22, 155-166.
- Dworschak, P. C. 2005A. Global diversity in the Thalassinidea (Decapoda) an update (1998-2004). *Nauplius*. 13(1): 57-63.
- Dworschak, P. C. 2005B. A new species of *Eucallias* Manning y Felder, 1991. (Decapoda: Callianassidae) from the Red Sea. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 118(1): 209-217.
- Dworschak, P. C. 2015. Methods collecting Axiidea and Gebiidea (Decapoda): a review. *Annalen Des Naturhistorischen Museums in Wien Series Biology, Botanic and Zoology*, 117: 5-21.
- Dworschak, P. C. y J. A. Ott. 1993. Decapod burrows in mangrove-channels and back-reef environments at the Atlantic Barrier Reef, Belize. *Ichnos* 2. 277-290.
- Dworschak, P. C., H. Koller y D. A. Navand. 2006. Burrow structure, burrowing and feeding behaviour of *Corallianassa longiventris* and *Pestarella tyrrhen* (Crustacea, Thalassinidea, Callianassidae). *Marine Biology*. 148: 1369-1382.
- Dworschak, P. C., D. L. Felder y C. C. Tudge. 2012. Infraorders Axiidea de Saint Laurent, 1979 and Gebiidea de Saint Laurent, 1979 (Formerly known collectively as

- Thalassinidea). En F. R. Schram and J. C. Von Vaupel Klein (Editores) Treatise on Zoology, Anatomy, Taxonomy, Biology: Crustacea. 9B (69): 109-219.
- FAO-UNESCO. 1988. Soil map of the world. Revised legend, by FAP-ISRIC. World Soil Resources Report No. 60. Rome. ISBN: 92-5-1003022-7. 146.
- Felder, D. L. 1979. Respiratory adaptations of the stuarine mud shrimp, *Callinassa jamaicense* (Schmitt, 1935) (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea). Biological Bulletin of the Marine Biological. 157: 125-138.
- Felder, D.L. y R. B. Griffis. 1994. Dominant infaunal communities at risk in shoreline habitats: Burrowing thalassinid Crustacea. Department of the Interior, Minerals Mgmt Service, Gulf of Mexico OCS Regional Office, New Orleans, L.A. 87.
- Felder, D. L. y J. L. Staton. 2000. *Lepidophthalmus manningi*, a new ghost shrimp from the southwestern Gulf of Mexico (Decapoda: Thalassinidea: Callinassidae). Journal of Crustacean Biology. 20(2): 170-181.
- Felder, D. L. y D. L. Lovett, 1989. Relative growth and sexual maturation in the estuarine ghost shrimp *Callinassa louisianensis* Schmitt, 1935. Journal of Crustacean Biology, 9:540-553.
- Felder, D.L. y R. R. Robles. 2009. Molecular phylogeny of the family Callinassidae based on preliminary analyses of two mitochondrial genes. En: Martin, J.W., Cramdall, K. A. y D. L. Felder. Decapod crustacean phylogenetics. Boca Raton, FL: CRC Public Relations. 18: 327-342.
- Folk, R. L. y W. C. Ward. 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. Journal Sedimentology Petrology. 27: 3-26.
- Folk, R. L. 1969. Petrología de las Rocas Sedimentarias (Traducida del inglés por Carmen Shlaepfer y Rebeca Schmitter). Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. 405.
- Franzoso, A. y F. L. M. Mantelatto. 1998. Population structure and reproductive period of the tropical hermit crab *Calcinus tibicen* (Decapoda: Diogenidae) in the region of Ubatuba, São Paulo, Brazil. Journal Crustacean Biology. 18: 738-745.
- García, G. M. 1976. Fecundidad del camarón café *Penaeus californiensis* y camarón azul *Penaeus stylirostris* de Puerto Peñasco y Guaymas, Sonora. Memorias del Simposio sobre Biología Poblacional de camarones. Instituto Nacional de la Pesca

- Guaymas Sonora, México. 131-139.
- Granados, B. A., V. S. Weiss y R. G. B. Ramírez. 2000. Métodos de Muestreo en la Investigación Oceanográfica. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 448.
- Griffis, R. B. y T. H. Suchanek. 1991. A model of burrow architecture and trophic modes in thalassinidean shrimp (Decapoda: Thalassinidea). *Marine Ecology Progress Series*. 79: 71-183.
- Grobben, K. 1892. Zur kenntniis des stammbaumes und des systems der Crustaceen. *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademic der Wissenschaften, Mathematics Nature*. Classe 101: 237-274.
- Gurney, R. 1942. Larvae of decapod Crustacea. London: The Ray Society. Series 129: 1-312.
- Hartnoll, R. G. 1985. Growth, sexual maturity and reproductive outpout. En: Wenner, A. M. (Editores). *Factors in adult growth*. Rotterdam, A. A. Balkema, 362.
- Heard, R. W., R. A. King, D. M. Knott, B. P. Thoma y S. Thornton De Víctor. 2007. A guide to the Thalassinidea (Crustacea: Malacostraca: Decapoda) of the South Atlantic Bight. *National Oceanic and Atmospheric Administration Professional Paper National Marine Fisheries Service*. Editorial Committee 4: 1-30.
- Hernaéz, P. 2001. Producción y rendimiento reproductivo en *Petrolishes granulosis* (Decapoda: Anomura: Porcellanidea) en diferentes localidades del norte de Chile: una comparación latitudinal. *Investigaciones Marinas, Valparaíso*. 29(I): 73-81.
- Hernaéz, P. 2018. An Update on Reproduction in Ghost Shrimps (Decapoda: Axidae) and Mud Lobsters (Decapoda: Gebiidea). *Marine Ecology- Biotic and Abiotic Interactions*. 11: 231-253.
- Hernaéz, P. y M. A. Pinheiro. 2001. Production and reproductive output of four porcelain crab species from northern Chile. *Nauplius*. 9(1): 43- 52.
- Hernaéz P., S. Palma y I. S. Wehrtmann. 2007. Population biology of the burrowing shrimp *Callichirus seilacheri* (Decapoda: Callianassidae) in northern Chile. *Revista de Biología Tropical*. 55 (1): 141-152.
- Hernaéz, P, S. Palma y I. S. Wehrtmann. 2008. Egg production of the burrowing shrimp *Callichirus seilacheri* (Bott 1955) (Decapoda, Callianassidae) in northern Chile.

- Helgoland Marine Research. 62: 351–356.
- Hernández, P., E. V. Castro, R.C. Duarte y M.A.A. Pinheiro. 2018. Population biology and breeding cycle of the burrowing shrimp *Callichirus seilacheri* (Decapoda, Callianassidae) from the eastern tropical Pacific, Invertebrate Reproduction and Development.
- Hernández, P., H. Granda-Rodríguez, H. P. P. Río y M. A. A. Pinheiro. 2018. Morphological remarks in the Ghost Shrimp *Callichirus seilacheri* (Bott, 1955) (Decapoda: Callianassidae). Boletim Do Instituto de Pesca. 44(1): 91-99.
- Hernández, P. y M. Camargo. 2018. Social structure, sexual dimorphism and relative growth in the ghost shrimp *Callichirus seilacheri* (Bott, 1955) (Decapoda: Axiidae: Callianassidae) from the tropical eastern Pacific. Marine Biology Research. 1-12.
- Hernández, A. J. L. 1998. On a Collection of thalassinids (Crustacea: Decapoda) from the Pacific coast of Mexico, with description of a new species of the genus *Biffarius*. Ciencias Marinas. 24(3): 302-312.
- Hernández, R., D. y E. Escobar. 2008. Distribución de los tanaidáceos (Malacostraca: Peracarida) del mar profundo en el sector oeste del Golfo de México. En Álvarez-Noguera, F. y G. A. Rodríguez- Almaraz. Crustáceos de México: Estado actual de su conocimiento. Universidad Autónoma de Nuevo León. México, ISBN 978-970-694-482-5, 522.
- Herring, P. J. 1974. Size, density and lipid content of some decapod eggs. Deep-Sea. Research. 21: 91-94.
- Hill, A. D., A. C. Taylor y R. H. C. Strang. 1991. Physiological and metabolic response of the shore crab *Carcinus maenas* (L.) during environmental anoxia and subsequent recacery. Journal Experimental Marine Biology and Ecology. 150: 31-50.
- Hines, H. A. 1988. Fecundity and reproductive output in two species of deep- sea crabs, *Geryon fenneri* and *G. quinquedens* (Decapoda: Brachyura). Journal of Crustacean Biology. 8(4): 557-562.
- Hynes, H. B. N. 1954. The ecology of *Gammarus duebeni* Lilljeborg and its occurrence in freshwater in western Britain. Journal Animal Ecology. 23: 38–84.
- Hyzny, M. V., F.J. Vega y M.A. Coutiño. 2013. Ghost shrimps (Decapoda: Axiidea: Callianassidae) of the Maastrichtian (Late Cretaceous) Ocozocoautla Formation,

- Chiapas (Mexico). Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 65(2): 255-264.
- Hyzny, M., V. Simo y D. Starek. 2015. Ghost shrimps (Decapoda: Axiidea: Callianassidae) as producers of an Upper Miocene trace fossil association from sublittoral deposits of Lake Pannon (Vienna Basin, Slovakia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*. 425: 50-66.
- INEGI. 2018. Anuario Estadístico del Estado de Veracruz. México. 642.
- Johnson, W. S., M. Stevens y L. Watling. 2011. Reproduction and development of marine peracaridans. *Advances in Marine Biology*. 39:105-260.
- Jones, M. B. y M. J. Simons. 1983. Latitudinal variation in reproductive characteristics of a mud crab, *Helice crassa* (Grapsidae). *Bulletin of Marine Science*. 33(3): 656- 670.
- Kausky, N. 1982. Quantitative studies on gonad cycle, fecundity, reproductive output and recruitment in a Baltic *Mytilus edulis* population. *Marine Biology*. 68(2):143-160.
- Kensley, B. 1974. The genus *Callianassa* (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea) from the west coast of South Africa with a key to the South African species. *Annals of the South African Museum*. 62(8): 265-278.
- Kneer, D., H. Asmus y J. A. Vonk. 2008. Seagrass as the main food source of *Neaxius acanthus* (Thalassinidea: Sthralaxiidae), its burrow associates, and of *Corallianassa coutierei* (Thalassinidea: Callianassidae). *Estuarine Coastal Shelf Science*. 79: 620-630.
- Lardies, M. A. y J. C. Castilla. 2001. Latitudinal variation in the reproductive biology the commensal crab *Pinnaxodes chilensis* (Decapoda: Pinnotheridae) along the Chilean coast. *Marine Biology*. 139: 1125-1133.
- Lardies, M.A. y I. S. Wehrmann. 1996. Aspects of the reproductive biology of *Petrolisthes laevigatus* (Guérin, 1835) (Decapoda, Anomura, Porcellanidae). Part I: Reproductive output and chemical composition of eggs during embryonic development. *Archive of Fishery and Marine Research*. 43(2):121-135.
- Latreille, P. A. 1802. Histoire naturelle, générale ey particulière des Crustacés et des Insects. Ouvrage faisant suite á l'histoire naturelle générale et particulière, composée para Leclerc de Buffon, et rédig´e de CS Sonnini, membre de plusieurs Sociétés savants. Dufart, París. 3: 476.
- Levitan, D. 1996. Predicting optimal and unique egg free-spawning marine invertebrates.

- American Naturalist. 148(1): 174-188.
- Lowery, T. A. y L. G. Tate. 1986. Effect of hipoxia on hemolymph lactate and behavior of the blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun) in the laboratory and field. Comparative Biochemistry and Physiology A. 85: 689- 692.
- Luppi, T. A., C. C. Bass, E. D. Spivak, y K. Anger. 1997. Fecundity of two grapsid crab species in the Laguna Mar Chiquita, Argentina. Archive of Fishery and Marine Research. 45(2): 149-166.
- Manning, R. y D. L. Felder. 1986. The status of the callianassid Genus *Callinectes* Stimpson, 1866 (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea) Proceedings of the Biological Society of Washington. 99(3): 437-443.
- Manning, R. B. y D. L. Felder. 1991. Revision of the American Callianassidae (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). Proceedings of the Biological Society of Washington. 104: 764-794.
- Mantelatto, F. L. y A. Fransozo. 1997. Fecundity of the crab *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. Crustaceana. 70: 214–226.
- Mantelatto, F. L. y R. B. García 1999. Reproductive potential of the hermit crab *Calcinus tibicen* (Anomura) from Ubatuba, Sao Paulo, Brazil. Journal of Crustacean Biology. 19: 268-275.
- Mantelatto, F. L. M., V. F. Alarcon y R. B. García. 2002. Egg production strategies of the tropical hermit crab *Paguristes tortugae* from Brazil. Journal of Crustacean Biology. 22(2): 390-397.
- Martín, J. W. y G. E. Davis. 2001. An updated classification of the Recent Crustacea. Science Series 39, Natural History Museum of the Angeles County. 39: 1-124.
- Nates, S. F., D. L. Felder y R. Lemaitre. 1997. Comparative larval development in two of the burrowing ghost shrimp genus *Lepidophthalmus* (Crustacea: Decapoda: Callianassidae). Journal Crustacea Biology. 17: 497-519.
- Nates, S. F. y D. L. Felder. 1999. Growth and maturation of the ghost shrimp *Lepidophthalmus sinuensis* Lemaitre and Rodrigues, 1991 (Crustacea: Decapoda: Callianassidae), a burrowing pest in penaeid shrimp culture ponds. Fishery Bulletin. 97: 526-541.

- Nickell, L. A., R. J. A. Atkinson y E. H. Pinn. 1998. Morphology of thalassinidean (Crustacea: Decapoda) mouthparts and pereopods in the relation to feeding, ecology and grooming. *Journal of Natural History*. 32(5): 733-761.
- Palma, S. y P. Arana. 1997. Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837) frente a la costa de Concepción, Chile. *Investigaciones Marinas Valparaíso*. 25: 203-221.
- Parra, M. J. C., S. Y. García, A. Ferrer y H. Severeyn. 2010. Aspectos reproductivos del camarón *Macrobrachium amazonicum* (Heller) en la zona de Nazaret, San Rafael de El Mojón, Lago de Maracaibo, Venezuela. *Ciencia* 2010. 16(4): 402-408.
- Paul, J. A. 1992. A review of size at maturity in male Tanner (*Chionoecetes bairdi*) and King (*Paralithodes camtschaticus*) crabs and the methods used to determine maturity. *American Zoologist*. 32(3): 534-540.
- Peiró, D. F., P. R. Pezzuto y F. L. Mantelatto. 2011. Relative growth and sexual dimorphism of *Austinixa aida* (Brachyura: Pinotheridae): a symbiont of the ghost shrimp *Callichirus major* from the southwestern Atlantic. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 39: 261-270.
- Peiró, D. F., I. S. Wehrtmann y F. L. Mantelatto. 2014. Reproductive strategy of the ghost shrimp *Callichirus major* (Crustacea: Axiidea: Callinassidae) from the southwestern Atlantic: sexual maturity of females, fecundity, egg features and reproductive output. *Invertebrate Reproduction and Development*. 58(4):294-305.
- Pemberton, G. S., M. J. Risk y D. E. Buckley. 1976. Supershrimp: deep bioturbation in the Strait of Canso, Nova Scotia. *Science* 4241: 790-791.
- Pinheiro, M. A. A. y A. Fransozo. 1995. Fecundidade de *Pachycheles haigae* Rodrigues da Costa, 1960 (Crustacea, Anomura, Porcellanidae) em Ubatuba (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. 55: 623-631.
- Poore, G. 1994. A phylogeny of the Families of Thalassinidea (Crustacea Decapoda) with keys to families and genera. *Memoirs of the Museum of Victoria*. 54: 79-120.
- Poore G. C. B., S. T. Ahyong, H. D. Bracken-Grissom, T. Y. Chan, K. H. Chu, K. A. Crandall, P. C. Dworschak, D. L. Felder, R. M. Feldmann, M. Hyžný, H. Karasawa, R. Lemaitre, T. Komai, X. Li, F. L. Mantelatto, J. W. Martin, N. Ngoc-Ho, R. Robles, C. E. Schweitzer, A. Tamaki, L. TSAN y C. C. Tudge. 2014. On stabilising the

- names of the infraorders of Thalassinidean shrimps, Axiidea de Saint Laurent, 1979 and Gebiidea de Saint Laurent, 1979 (Decapoda). *Crustaceana*. 87(10): 1258-1272.
- Poore, G. C. B., P. C. Dworschak, R. Robles, F. Mantelatto, y Felder, D. L. 2019. A new classification of Callianassidae and related families (Crustacea: Decapoda: Axiidea) derived from a molecular phylogeny with morphological support. *Memoirs of Museum Victoria*. 78: 73-146.
- Posey, M. H. 1986. Changes in a benthic community associated with dense beds of a burrowing deposit feeder *Callinassa californiensis*. *Marine Ecology Progress Series*. 31: 15–22.
- Pritchard, A. W. y S. Eddy. 1979. Lactate formation in *Callinassa californiensis* and *Upogebia pugettensis*. *Marine Biology*. 50: 249- 253.
- Reséndez, M. A. 1970. Estudio de los peces de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie de Ciencias del Mar*. 1:19-146.
- Robles, R., C.C. Tudge, P.C. Dworschak, G.C. Poore y D. L. Felder. 2009. Molecular Phylogeny of the Thalassinidea, Based on Nuclear and Mitochondrial Genes. En: Martin, J. W., K. A. Crandall y D. L. Felder (Editores). *Decapod Crustaceans Phylogenetics* Koenemann, S. (series editoriales) 18. Boca Raton, London, New York: CRC Press, Taylor & Francis Group. 309-326.
- Robles, R., P. C. Dworschak, D. L. Felder, G. C. B. Poore y F. L. Mantelatto. 2020. A molecular phylogeny of Callianassidae and related families (Crustacea: Decapoda: Axiidae) with morphological support, *Invertebrate Systematics*, 34(2), 113-132.
- Rodrigues, S. A. y R. M. Shimizu. 1997. Autoecología de *Callinectes major* (Say, 1818). *Oecología Brasiliensis*. 3: 155-170.
- Rodríguez de la Cruz, M. C. 1981. Aspectos pesqueros del camarón de alta mar en el Pacífico mexicano. *Ciencia pesquera*. 1(2): 1-19.
- Saint Laurent, M. 1974. Sur la systematique et la phylogenie des Thalassinidea: Definition des familles des Callianassidae et des Upogebiidae et diagnose de cinq genres

- nouveaux (Crustacea Decapoda). *Compte rendus Academic des Sciences, Paris*. 277: 513-516.
- Saint Laurent, M. 1979. On the classification and phylogeny of the Thalassinidea: definition of the superfamily Axioidea of the subfamily Thomassiniae and two new genera (Crustacea: Decapoda). *Compte rendus Academic des Sciences, Paris*. 288: 1395-1397.
- Saint Laurent, M. y P. Le Loeuff. 1979. Campagnes de la Calypso au large des costes Atlantiques Africaines (1956 et 1959) (suite) 22. Crustaceals Decapodes Thalassinidea. Upogebiidae et Callianassidae. *Realsultats Scientifiques des Campagnes de la Calypso*. 11: 29–101.
- Sakai, K. 1999. Synopsis of the family Callianassidae, with keys to subfamilies, genera and species, and the description of new taxa (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). *Zoólogische Verhandelingen*, 326(1), 1-152.
- Sakai, K. 2004. Plante's collection of the families Callianassidae and Gourretiidae (Decapoda, Thalassinidea) from Madagascar, with the description of two new genera and one new species of the Gourretiidae Sakai, 1999 (new status) and two new species of the Callianassidae Dana, 1852. *Crustaceana*. 77: 553–602.
- Sakai, K. 2005. The diphyletic nature of the infraorder Thalassinidea (Decapoda, Pleocyemata) as derived from the morphology of the gastric mill. *Crustaceana* 77: 1117-1130.
- Sakai, K. 2011. Axioidea of the world and a reconsideration of the Callianassoidea (Decapoda, Thalassinidea, Callianassida). *Crustaceana Monographs* 13: 1–616.
- Sakai, K., y Sawada, T. 2006. The taxa of the infraorders Astacidea, Thalassinidea, Palinura, and Anomura (Decapoda, Pleocyemata) classified by the form of the prepyloric ossicle. *Crustaceana*. 78: 1353-1368.
- Sampedro, P. M., I. Fernández, J. Freire y E. González-Gurriarán. 1997. Fecundity and reproductive output of *Pisidia longicornis* (Decapoda, Anomura) in the Ría de Arousa (Galicia, New Spain). *Crustaceana*. 70(1): 95-110.
- Sastry, A. N. 1983. Ecological aspects to reproduction. En: FJ. Vernberg and W. B. Vernberg (Editores). *The Biology of Crustacea. Environmental adaptations*. New York, Academic Press, Incorporated. 179-270.

- Say, T. 1818. An account of the Crustacea of the United States [Part 5]. Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 1(2): 235-253.
- Schmitt, W. L. 1935. Mud shrimps of the Atlantic coast of North America. Smithsonian Miscellaneous Collections. 93(2): 1-21.
- Scholnick, D. A. y G. K. Synder. 1996. Response of the tadpole shrimp *Triops longicaudatus* to hypoxia. Crustaceana. 69: 937-948.
- Siqueira, B. S. L. y S. R. Munehisa. 2008. Reproductive Biology and functional maturity in females of *Aegla franca* (Decapoda: Anomura: Aeglidae). Journal of Crustacean Biology. 28(4): 652-662.
- Stechey, D. P. M. and K. M. Somers. 1995. Potential, realized and actual fecundity in the crayfish *Orconectes immunis* from Southwestern Ontario. Canadian Journal of Zoology. 73: 672-677.
- Souza, T.L., Braga, A.A., López-Greco, L.S., y Nunes, E.T. 2017. Functional morphology of the male reproductive system in *Callichirus major* (Crustacea: Decapoda: Axiidea): evidence of oocytes in the gonad. Acta Zoologica. 99: 32-41.
- Souza, T.L., Braga, A.A., López-Greco, L.S., y Nunes, E.T. 2018. Morphological study for understanding the sexual pattern in ghost shrimp *Callichirus major* (Crustacea: Axiidea). Acta Zoologica, 00:1-10.
- Starek, D., R. Pipik y I. Hagarová. 2010. Meiofauna trace metals, TOC, sedimentology, and oxygen availability in the Late Miocene sublittoral deposits of Lake Pannon, Facies. 56: 369-384.
- Stechey, D. y K. Somers. 1995. Potencial, realized, and actual fecundity in the crayfish *Orconectes immunis* from southwestern Ontario. Canadian Journal Zoology, 73: 672-677.
- Stimpson, W. 1866. Descriptions of new genera and species of macrurous Crustacea from the coasts of North America. Proceedings of the Chicago Academy of Sciences. 1: 46-48.
- Strasser, K. M. y D. L. Felder. 1998. Settlement cues in successive developmental stages of the ghost shrimps *Callichirus major* and *C. islagrande* (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). Marine Biology. 132: 599-610.

- Strasser, K. M. y D. L. Felder. 2000. Larval development of the ghost shrimp *Callichirus islagrande* (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae) under laboratory conditions. *Journal Crustacean Biology*. 20: 100-117.
- Swartz, R. C. 1978. Reproductive and molt cycles in the xanthid crab *Neopanope sayi*. *Crustaceana*. 34: 15-32.
- Tamaki, A., Ingole, B., Ikebe, K., Muramatsu, K., Taka, M. y Tanaka, M. 1997. Life History of the ghost shrimp *Callianassa japonica* Ortmann, 1891 (Decapoda: Thalassinidea), on an intertidal sandflat in western Kyushu, Japan. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 210(2): 223-250.
- Tamaki, A. y S. Miyabe. 2000. Larval Abundance patterns for three species of *Nihonotrypaea* (Decapoda: Thalassinidea: Callianassidae) along an estuary to open-sea gradient in western Kyushu, Japan. *Journal of Crustacean Biology*. 20 (Special number 2): 182-191.
- Terossi, M., I. S. Wehrtmann y F. L. Mantelatto. 2010. Interpopulational comparison of reproduction of the Atlantic shrimp *Hyppolyte obliquimanus* (Caridea: Hyppolytidae). *Journal Crustacean Biology*. 30: 571-579.
- Thatje, S. 2003. Review of the Thalassinidea (Crustacea: Decapoda) from Chile and Argentina. *Anales Instituto Patagonia, Chile*. 31: 115–122.
- Torres, J. J., D. J. Gluck y J. J. Childress. 1977. Activity and Physiological significance of the pleopods in the respiration of *Callianassa californiensis* (Dana) (Crustacea: Thalassinidea). *The biological Bulletin*. 152: 134-146.
- Tunberg, B. 1986. Studies on the population ecology of *Upogebia deltaura* (Leach) (Crustacea, Thalassinidea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 22(6):753-765.
- Turner, J. C. 1981. *Matemática Moderna Aplicada. Probabilidades, Estadística e Investigación*. Operativa Iianza Editorial, España. 550.
- Turra, A. y L. F. P. Pereira. 2001. Fecundity of three sympatric populations of hermit crabs (Decapoda, Anomura, Diogenidae). *Crustaceana*. 74(10): 1019-1027.
- Tsang, L. M., F. J. Lin, K. H. Chu y T. Y. Chan. 2008. Phylogeny of Thalassinidea (Crustacea, Decapoda) inferred from three rDNA sequences: implications for morphological evolution and superfamily classification. *Journal of Zoological Systematics Evolution and Systematics*. 46(3): 216-223.

- Von Siebold C.T. 1848. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbellosen Thiere. Erster Theil. En: von Siebold C.T. & Stannius H. (ediciones), Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. Verlag von Veit & Company. Berlin. 679 pp.
- Vonk, J. A., D. Kneer, J. Stapel y H. Asmus. 2008. Shrimp burrow in tropical seagrass meadows: An important sink for litter. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 79, 79-85.
- Wear, R. G. y J. C. Yaldwyn. 1996. Studies on Thalassinid Crustacea (Decapoda, Macrura, Reptantia) with a description of a New *Jaxea* from New Zealand and account of its larval development. *Zoology Publications*. Victoria University. Wellington. 41: 1-27.
- Wehrtmann, I. S. y P. Baez. 1997. Larvas y estadios tempranos de desarrollo de crustáceos decápodos de Chile: descripciones publicadas. *Investigaciones Marinas Valparaíso*. 25: 263-276.
- Wentworth, C. K. (1992). A scale of grade and class terms for the clastic sediments. 30(5): 377-392.
- Williams, A. B. 1986. Mud shrimps, Upogebia, from the eastern Pacific (Thalassinidea: Upogebiidae). *San Diego Society Natural History Memoires*, 14: 1-60.
- Wynberg, R. P. y G. M. Branch 1994. Disturbance associated with bait-collection for sandprawns (*Callinassa kraussi*) and mudprawns (*Upogebia africana*) long-term effects on the biota of intertidal sandflats. *Journal of Marine Research*. 52: 523-558.
- Yaldwyn, J. C. y R. C. Wear. 1970. Preliminary description of a new burrowing mud-shrimp from eastern Australia (Crustacea, Macrura, Reptantia, Laomediidae). *Australian Journal of Zoology*. 15: 384-385.
- Ziebis, W., M. Huettel, y S. Forster, 1996. Impact of biogenic sediment topography on oxygen fluxes in permeable seabeds. *Marine Ecology Progress Series*. 140: 227-237.