

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

T E S I S

FECUNDIDAD Y DESARROLLO
EMBRIONARIO DE *Callinectes arcuatus*
(Ordway, 1863) y *C. bellicosus* (Stimpson, 1859)
(Decapoda: Brachyura: Portunidae), EN EL
SISTEMA LAGUNAR MAR MUERTO,
PAREDÓN, CHIAPAS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y MANEJO
INTEGRAL DE CUENCAS

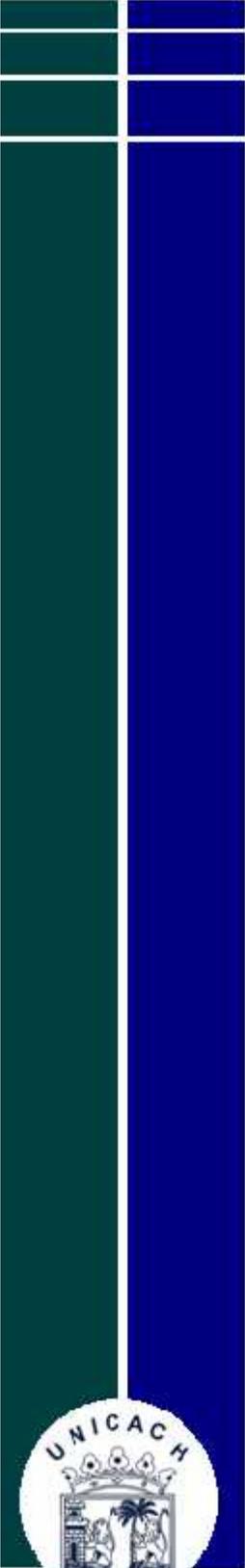
PRESENTA

JHOVANI DE JESÚS CRUZ PÉREZ

Tonalá, Chiapas

Octubre de 2017





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

TESIS

FECUNDIDAD Y DESARROLLO
EMBRIONARIO DE *Callinectes arcuatus*
(Ordway, 1863) y *C. bellicosus* (Stimpson,
1859) (Decapoda: Brachyura: Portunidae), EN
EL SISTEMA LAGUNAR MAR MUERTO,
PAREDÓN, CHIAPAS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y MANEJO
INTEGRAL DE CUENCAS

PRESENTA

JHOVANI DE JESÚS CRUZ PÉREZ

Director

DR. JUAN PEDRO ARIAS ARÉCHIGA

CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

Tonalá, Chiapas

Octubre de 2017





Tonalá, Chiapas.
 18 de agosto de 2017.

C. Jhovani de Jesús Cruz Pérez

Pasante del Programa Educativo de: Lic. en Biología Marina y Manejo Integral de Cuencas.

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

FECUNDIDAD Y DESARROLLO EMBRIONARIO DE *Callinectes arcuatus* (ORDWAY, 1863) y *C. bellicosus*

(STIMPSON, 1859) (Decapoda : Brachyura : Portunidae) EN EL SISTEMA LAGUNAR MAR MUERTO, PAREDÓN, CHIAPAS.

En la modalidad de TESIS

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores:

M. en C. Carlos Alberto Gellida Esquinca.

M. en C. Delmar Cancino Hernández.

M. en C. Jesús Manuel López Vila.

Suplente:

M. en C. Emilio Ismael Romero Berny

Firmas:

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, por brindarme la vida y todas las bendiciones en mi camino a la superación.

Al Dr. Juan Pedro Arias Aréchiga, por aceptar ser mi director de tesis, quien me brindó el apoyo necesario durante el periodo de muestreos, por compartir sus conocimientos para enriquecer este trabajo y, sobre todo, por confiar en mí.

A mis amigos y amigas, con quienes pasamos mucho tiempo haciendo tareas y más tareas, desvelos, algunas veces distrayéndonos en cada cosa, sin dejar atrás aquellos inolvidables días de campo, con ustedes; José Luis Tapia, Miguel Corona, Diana Lon y Adriana del Rayo, por apoyarnos siempre, por los ánimos cuando sentíamos que no podíamos, por muchas convivencias que es imposible recordarlas todas, y por esa buena amistad que aún se conserva.

A mi amiga Anabel Marroquín, a quien llamaba asistente personal, por todo el apoyo en aquellas tarde-noches en el laboratorio, cuando no me daba abasto con tantas muestras, en donde nunca faltaron los chismes y las golosinas para aguantar las largas horas de trabajo.

Al M. en C. Delmar Cancino Hernández, por la lluvia de ideas la cual fue muy útil para hacer de ésta, una investigación más extensa, al M. en C. y futuro Dr. Jesús Manuel López Vila, por su minuciosas observaciones que me ayudaron a ser más cuidadoso con mi trabajo, al M. en C. Carlos Alberto Gellida Esquinca, por alentarme en mi tesis y los nuevos enfoques de investigación, a todos ustedes por ser mis profesores y parte del comité revisor, gracias a sus observaciones y sugerencias, se pudo pulir este trabajo.

Al M. en C. Emilio Ismael Romero Berny, como suplente del comité revisor y por ser un profesor de confianza, para resolver algunas de mis dudas que surgieron en el proceso de investigación.

A Nayeli Escobar, aunque llegaste casi al final de mi camino como universitario, me has dado todo tu apoyo incondicional desde que apareciste en mi vida, por los momentos felices, por ser como eres, por tu compañía y por sentirte orgullosa de mí.

A Teodora García de los Santos, por todo el apoyo brindado, quien supo darme un segundo hogar y cariño, mientras estuve lejos de casa.

A la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, que a través del Centro de Investigaciones Costeras, tuve la oportunidad de iniciar mi formación como biólogo marino, por facilitar las instalaciones y los equipos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

DEDICATORIA

Al Sr. Rosario Cruz González y la Sra. Olga Pérez Ochoa, este trabajo es el fruto de sus esfuerzos, gracias a que siempre regaron esa semilla que hay en mí, con responsabilidad, cariño, empatía y amor, porque siempre procuraron que tuviera lo indispensable, y me siento orgulloso de formar parte de esta familia, donde quizás a veces habían momentos no tan gratos, pero me enseñaron que el querer es poder, y que el amor es la fuerza más grande que existe, me siento tan feliz de tener la dicha de estar con esta hermosa familia.

A ustedes hermanitos (as), Fátima, Berenice y Alexander, porque fueron parte fundamental de mi inspiración para alcanzar mis objetivos, poder darles en parte el ejemplo que me corresponde como el mayor de nosotros, sin embargo no solo es una responsabilidad, es hacerlo con un don, y sin esperar nada a cambio. Quizás no fui el mejor hermano, pero también recuerdo muchos momentos maravillosos a sus lados, que sin importar la circunstancia tengo la sensación de que siempre estaremos juntos física y emocionalmente, espero nunca lo olviden queridos hermanos, siempre seremos “Los hermanos cruzados”, ustedes ya sabrán el porqué.

A mis abuelas que en paz descansen, Matilde y Dolores, porque cuando me iba de casa para regresar a la universidad y viceversa, nunca podían faltar esos abrazos y sonrisas tan confortantes, por tener la seguridad de que un día me verían alcanzar mis sueños, pero la vida tiene un ciclo y sus ciclos se han completado, han dejado un gran vacío, pero también se quedaron sus enseñanza, su calor de abuela y madre a la vez, estaré eternamente agradecido por ello, y porque en cada uno de mis cortos viajes, siempre me dieron lo poco que tenían para algunas de mis necesidades, por este logro que también ustedes hubieran querido que alcanzara, en memoria a mis dos hermosas abuelitas, siempre vivirán en todo mi ser.

A todos mis tíos y primos, por el afecto de una verdadera familia, porque siempre ha prevalecido la unión, humildad y amor, hasta hoy en día, por no dejar que el mundo distorsione nuestros lazos parentales.

A la Madre Tierra, gracias a ella podemos encontrar un sin fin de cosas que pueden deleitar nuestras simples vidas, en comparación de la complejidad, rarezas y cosas inimaginables, de la cual ha hecho que el ser humano tenga esa necesidad de investigar, para resolver aquellas dudas que surgen cada día transcurrido.

INDICE

ÍNDICE	I
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Taxonomía	4
2.2 Biología y Ecología	5
2.2.1 Morfología	5
2.2.2 Distribución	6
2.2.3 Ciclo de vida	8
2.2.4 Alimentación	9
2.2.5 Depredadores	10
2.2.6 Enfermedades	11
2.2.7 Crecimiento	12
2.2.8 Reproducción	14
2.2.9 Mortalidad natural y sobrevivencia	16
2.3 Pesquería	17
III. ANTECEDENTES	19
3.1 Pesca de jaibas en las costas de Oaxaca-Chiapas	19
3.2 Abundancia y hábitat	19
3.3 Talla de primera madurez sexual	21
3.4 Fecundidad	22
3.5 Desarrollo embrionario	24
IV. OBJETIVOS	25
4.1 OBJETIVO GENERAL	25
4.2 Objetivos específicos	25
V. ZONA DE ESTUDIO	26
VI. MÉTODOS	29
6.1 Trabajo de campo	29

6.2 Trabajo de laboratorio	29
6.3 Frecuencia de tallas.....	31
6.4 Relaciones morfométricas.....	33
6.5 Determinación de la fecundidad	33
6.6 Determinación del desarrollo embrionario.....	34
6.7 Morfología de los huevos.....	35
6.8 Diferenciación de hembras ovígeras.....	35
VII. RESULTADOS	37
7.1 Identificación de especies	37
7.2 Variables ambientales	38
7.2.1 Variables ambientales por estaciones de muestreos	39
7.3 Estructura de tallas.....	41
7.4 Morfometría.....	43
7.5 Fecundidad	44
7.6 Morfología de los huevos.....	52
7.7 Desarrollo embrionario	55
7.8 Hembras ovígeras.....	61
7.8.1 Hembras viables	61
7.8.2 Hembras no viables	63
7.9 Posibles causas de la masa ovígera alterada.....	65
VIII. DISCUSIÓN	67
8.1 Variables ambientales	67
8.2 Estructura de tallas de hembras ovígeras	69
8.3 Morfometría.....	70
8.4 Fecundidad	72
8.5 Morfología de los huevos.....	75
8.6 Desarrollo embrionario	78
8.7 Hembras viables	84
8.8 Hembras no viables	86
IX. CONCLUSIONES	90
X. REFERENCIAS	92

RESUMEN

El estudio se realizó en la zona de pesca de jaibas de la localidad de Paredón, Chiapas dentro del sistema Lagunar Mar Muerto desde el mes de mayo del 2015 hasta abril del 2016. En cada muestreo se registraron los parámetros fisicoquímicos como la temperatura y salinidad. Se colectaron 99 hembras ovígeras de *Callinectes arcuatus* y 79 para *C. bellicosus*. En general las hembras se presentaron en un intervalo de talla de 69 a 147 mm de ancho de caparazón (AC): *C. arcuatus* con una talla promedio de 89.08 ± 8.10 mm y peso total (PT) promedio de 59.81 ± 17.27 g., mientras que los promedios para *C. bellicosus* fueron de 125.89 ± 7.42 mm AC y 220.94 ± 43.79 g. Las relaciones morfométricas obtenidas, entre ancho de caparazón (AC) y peso total (PT), se calculó mediante un modelo tipo potencial, con un coeficiente de determinación $R^2=0.8507$ para *C. arcuatus* y $R^2=0.8903$ para *C. bellicosus*. La fecundidad promedio (35 organismos) de *C. arcuatus* fue de $1\ 552\ 959 \pm 699\ 023$ huevos, con una talla promedio de 88.5 ± 9.51 mm AC. La fecundidad promedio para *C. bellicosus* (30 organismos) fue de $4\ 804\ 675 \pm 1\ 233\ 751$ huevos, con una talla promedio de 126.4 ± 8.9 mm AC. La masa ovígera en colores amarillos o naranjas indica que son huevos en Estado temprano y los colores oscuros como gris o negro son Estados avanzados. El volumen promedio de los huevos aumento para cada Estado de desarrollo embrionario. En el caso de *C. arcuatus* el Estado inicial o temprano: $74.76 \mu\text{m}^3 \times 10^5$, Estado intermedio: $102.04 \mu\text{m}^3 \times 10^5$ y Estado avanzado: $111.35 \mu\text{m}^3 \times 10^5$. Para *C. bellicosus* en el Estado inicial: $111.64 \mu\text{m}^3 \times 10^5$, Estado intermedio: $161.69 \mu\text{m}^3 \times 10^5$ y Estado avanzado: $162.60 \mu\text{m}^3 \times 10^5$. Se describieron tres Estados de desarrollo embrionario; Estado inicial: Huevo de color amarillo o naranja, ocupados totalmente de yema y aparición de los primeros apéndices corporales, Estado intermedio: los apéndices corporales son más complejos y empieza la formación de los ojos, Estado avanzado: los ojos y demás órganos están bien desarrollados y las larvas pre-zoeas presentan pequeños movimiento. Las hembras se diferenciaron en viables y no viables. La alteración de la masa ovígera posiblemente se debe por organismos encontrados en los huevos, como bacterias filamentosas y parásitos nemertinos.

Palabras claves: *Callinectes arcuatus*, *Callinectes bellicosus*, hembras ovígeras, Mar Muerto.

I. INTRODUCCIÓN

En el Océano Pacífico del sureste Mexicano existen diversos sistemas lagunares-estuarinos, el de mayor extensión es el sistema lagunar Mar Muerto, cuya extensión en su extremo oeste abarca parte del estado de Oaxaca y su extremo este se localiza en parte del estado de Chiapas (Tapia-García *et al.*, 1998). Estos sistemas naturales son considerados como unos de los más productivos del mundo (Yi-Jay *et al.*, 2012), por lo que existe una gran variedad de recursos pesqueros que son aprovechados.

La principal actividad realizada en el sistema lagunar Mar Muerto, es la pesca ribereña, principalmente la del camarón, capturado con diferentes artes de pesca (Tapia-García, 1997). Otra pesquería de importancia en la zona es la captura de jaibas que sirve como fuente de empleo para muchas familias en las zonas pesqueras a nivel nacional e internacional (SAGARPA-CONAPESCA, 2014).

En la localidad de Paredón, Chiapas, las jaibas (*Callinectes* spp.) son aprovechadas para el comercio local durante todo el año, capturadas por embarcaciones menores en zonas determinadas por los jaiberos de la misma localidad. El arte de pesca utilizado es el aro jaibero y como cebo utilizan trozos de pescados atados en la parte central del aro. Las especies que se capturan son *C. arcuatus*, *C. bellicosus* y *C. toxotes*, y durante todo el año pueden reproducirse (INAPESCA, 2014). De acuerdo a Gil-López y Sarmiento-Náfate (2001) en la parte de Paredón, Chiapas, predomina *C. bellicosus* y *C. arcuatus*, pero *C. toxotes* es poco frecuente.

El aumento de las poblaciones humanas ha generado problemas en la pesquería, principalmente la sobreexplotación de las especies comerciales que conlleva a otros problemas asociados como la captura incidental de especies no objetivo, la contaminación y la reducción del hábitat, estos factores podrían estar relacionados a la tendencia de capturas de pesca mundial que se encuentran estabilizadas en los últimos años a pesar del incremento del esfuerzo pesquero

(SAGARPA-INAPESCA, 2006), y que aun en años recientes esta tendencia se sigue observando en los registros de la FAO (2016), en el periodo 2008 – 2014, las capturas oscilaron entre 90' 191, 524 y 93' 445, 234 toneladas respectivamente, con un promedio de 91' 518, 525 t.

En la Laguna Mar Muerto no existe un registro oficial de las capturas de jaibas, el grado de explotación al que está sometido este recurso se ha reportado por Labastida-Che y Núñez-Orozco (2015), quienes indican que la especie *C. arcuatus* está siendo sobreexplotada mientras que *C. bellicosus* aún está por debajo de los niveles óptimos de explotación. Los trabajos sobre jaibas realizados en la Laguna Mar Muerto son muy escasos, en particular sobre la fecundidad, existe un solo trabajo realizado por Gil-López (2009). Mientras que en lo referente a estudios sobre desarrollo embrionario, no existe ningún trabajo realizado en todo el sistema lagunar.

Los crustáceos juegan un papel importante en la aceleración del ciclo de la materia, al encontrarse cerca de las bases de las redes tróficas en los ambientes acuáticos y sirven como alimento de especies comerciales (López, 1986; Mc Connaughey, 1974; Rodríguez, 1991). Actúan como depredadores de crustáceos y moluscos, y regulan las poblaciones en sustratos suaves y desprotegidos (Rodríguez-Rojero, 2004).

Son pocos los antecedentes sobre fecundidad y desarrollo embrionario de jaiba con los que cuenta el país, y casi ausentes en la parte del Mar Muerto, por lo que se necesitan mayores esfuerzos para conocer más a detalle aspectos de la biología de estas especies. Los estudios sobre fecundidad y desarrollo embrionario de *Callinectes* spp, permiten conocer la intensidad de renovación de una población sometida a mortalidades por la actividad pesquera y causas naturales. En condiciones de cultivo permitiría aprovechar al máximo el potencial reproductivo y conocer los aspectos biológicos, como la estrategia reproductiva y evolución (García-Montes *et al.*, 1987), además de poder identificar algunos factores externos que pueden afectar el desarrollo ontogénico en esta etapa de su ciclo de vida.

El presente estudio es importante, porque aporta conocimientos para ayudar a decidir las estrategias adecuadas de aprovechamiento sostenible de jaibas, en la zona de Paredón. Aunque ya se tienen las especificaciones establecidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-039-PESC-2003 (DOF 2006), para un mejor aprovechamiento de jaibas en aguas del Pacífico Mexicano, los lineamientos o regulaciones oficiales se basan de trabajos realizados en otras zonas donde se explota este recurso, para regular todas las demás zonas donde se realiza esta actividad. Sin embargo, las condiciones ambientales no son las mismas en todas las regiones, por lo anterior; los fundamentos para regular la pesca, deberían ser específicos para cada zona y, ajustarse a las condiciones estacionales y parámetros de las poblaciones que habiten en determinado lugar.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Taxonomía

El género *Callinectes* incluye 17 especies reportadas en el mundo (Salgado-Barragán y Hendrickx, 1997), pertenecientes a la familia Portunidae. Para el sistema Lagunar Mar Muerto, se encuentran tres especies del género *Callinectes*, que son aprovechadas comercialmente, las cuales se enlistan en la siguiente clasificación taxonómica.

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustácea

Clase: Malacostraca

Subclase: Eumalacostraca

Superorden: Eucarida

Orden: Decapoda

Suborden: Pleocyemata

Infraorden: Brachyura

Superfamilia: Portunoidea

Familia: Portunidae

Género: *Callinectes*

Especie: *C. arcuatus* Ordway 1863 (jaiba azul o cuata)

C. toxotes Ordway 1863 (jaiba gigante, negra o guacho).

C. bellicosus Stimpson 1859 (jaiba café, guerrera, verde o jaibón)

Fuente: Instituto Nacional de Pesca, 2014.

2.2 Biología y Ecología

2.2.1 Morfología

La familia Portunidae, conocidos vulgarmente como jaibas o cangrejos nadadores, se caracterizan por tener el caparazón generalmente más ancho que largo, y la parte dorsal aplanada, presenta de cuatro a nueve dientes antero-laterales, los dientes laterales un poco más largos que los demás. Frente sin rostro, el cefalotórax fusionado y comprimido, el quinto par de pereiópodos; dactilio y propodio modificados de una forma aplanada y ensanchadas para facilitar su natación. La parte del abdomen es corto, aplanado y plegado hacia la parte inferior del cuerpo (Brusca, 1980; Hendrickx, 1995; Williams, 1984).

Las jaibas del género *Callinectes* presentan en la mayoría una quela mayor considerada moledora y la otra cortadora o quela menor, por lo regular la del lado derecho son quelas mayores y el lado izquierdo quelas menores. La pérdida de una de las quelas conlleva en la siguiente muda una nueva quela cortadora y la que aún conserva será utilizada como moledora, en algunos organismos pueden presentar dos quelas menores, pero en ninguno dos mayores (Williams, 1974).

Presentan dimorfismo sexual primario, donde los machos tienen el abdomen en forma de T invertida; en organismos inmaduros está pegado al cuerpo y en organismos maduros presenta la capacidad de movimiento. Las hembras inmaduras tienen el abdomen triangular y sellado al cuerpo, mientras que en las maduras la tienen redondeada y ancha (Figura 1). Las hembras ovígeras son todas aquellas hembras con huevos expuestos en sus diferentes estadios gonádicos (Hendrickx, 1995).

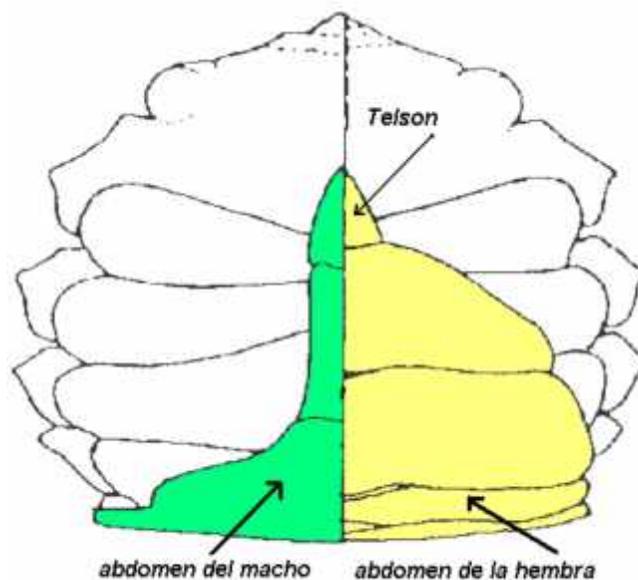


Figura 1. Características sexuales del género *Callinectes* (Gil-López y Sarmiento-Náfate, 2001).

2.2.2 Distribución

Las jaibas de la familia Portunidae habitan exclusivamente en aguas costeras muy someras y distribuidas en regiones tropicales y subtropicales de las costas americanas, europeas y africanas (Salgado-Barragán y Hendrickx, 1997).

En el Pacífico oriental americano, se encuentran seis géneros de la familia Portunidae, cinco de los cuales están presentes en el área del Golfo de California. Las diferentes especies de Portunidae se encuentran en las lagunas costeras, bahías y plataforma continental del Pacífico mexicano. En el sur de Sinaloa, 13 especies y subespecies pueden encontrarse (Hendrickx, 1984).

Las especies del género *Callinectes* presentes en las costas americanas del Pacífico, son: *C. arcuatus*, que se distribuye desde los Ángeles, California, Golfo de California, México, hasta Perú e islas Galápagos, de acuerdo a Ramos-Cruz (2008) y que pueden extenderse hasta el norte de las costas chilenas en eventos de El Niño. *Callinectes bellicosus*, se encuentra del sur de California, E.U.A. hasta

el Golfo de Tehuantepec; *C. toxotes*, desde el sur Golfo de California hasta Colombia (Figura 2) (Hendrickx, 1995).



Figura 2. Distribución geográfica del género *Callinectes* en la costa del Pacífico americano.

La distribución de las jaibas juveniles y adultas parece estar determinada por complejas interacciones abióticas, tróficas y de otros factores bióticos. Por ejemplo, en el Atlántico, las jaibas *C. sapidus* juveniles presentan una amplia distribución estacional y regional dentro del sistema lagunar asociadas a aguas de salinidad baja e intermedia y a sedimentos con lodo suave. Las adultas se encuentran ampliamente distribuidas en una variedad de tipos de sustrato en agua dulce, sistemas costeros y aguas oceánicas poco profundas. En general, los machos predominan en áreas de baja salinidad mientras que las hembras en zonas de alta salinidad (Cargo, 1958). En las costas de Sonora y Sinaloa, la distribución natural de las tres especies de jaiba (*C. arcuatus*, *C. bellicosus* y *C. toxotes*) presenta clinales que se reflejan en la composición de las capturas comerciales (INAPESCA, 2014).

2.2.3 Ciclo de vida

Las especies del género *Callinectes*, inician su ciclo de vida desde el momento que las hembras y los machos se aparean en los ambientes estuarinos, como en las lagunas costeras, el macho monta a la hembra por un período de una semana y deposita en la espermateca de la hembra los espermátóforos que sirven para fecundar los óvulos producidos durante toda la vida de la hembra. Durante el desove los huevos se depositan en los pleópodos, donde se incuban por un período de dos a tres semanas. Posteriormente a la eclosión, suceden ocho estadios de zoea que duran entre 30 o 45 días suspendida en la columna de agua, dependiendo de la especie, temperatura y salinidad ambiental. Luego se transforma en larva megalopa con una duración de 6 a 20 días, sufre una segunda metamorfosis y genera el primer estadio bentónico juvenil, ya muy semejante a los adultos la cual ya tiene mayor capacidad de nado lo que le permite realizar migraciones verticales durante la noche, y horizontales ayudadas por las corrientes costeras para entrar a esteros y lagunas, donde se protegen y alimentan entre la vegetación. Los juveniles y adultos continúan mudando hasta alcanzar su tamaño máximo, después de 30 mudas. La eclosión y el desarrollo larvario ocurre en el mar, mientras que el desarrollo posterior de la mayoría de las

especies se realiza en ambientes salobres (Fischer y Wolff, 2006; Ortega-Salas, 1994) (Figura 3).

Al igual que otras especies de jaibas, las hembras ovígeras de *C. bellicosus* y *C. arcuatus* liberan los huevecillos fecundados en las bocas de las lagunas costeras (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2003; Fischer y Wolff, 2006; Sánchez-Ortiz y Gómez-Gutiérrez, 1992). Los adultos son eurihalinos, mientras que para su desarrollo las larvas requieren salinidades típicas del ambiente marino (Fischer y Wolff, 2006). Las diferentes especies de jaiba generalmente pueden tener una longevidad de cuatro a ocho años (Rosas-Correa y Navarrete, 2008; Wilcox, 2007).

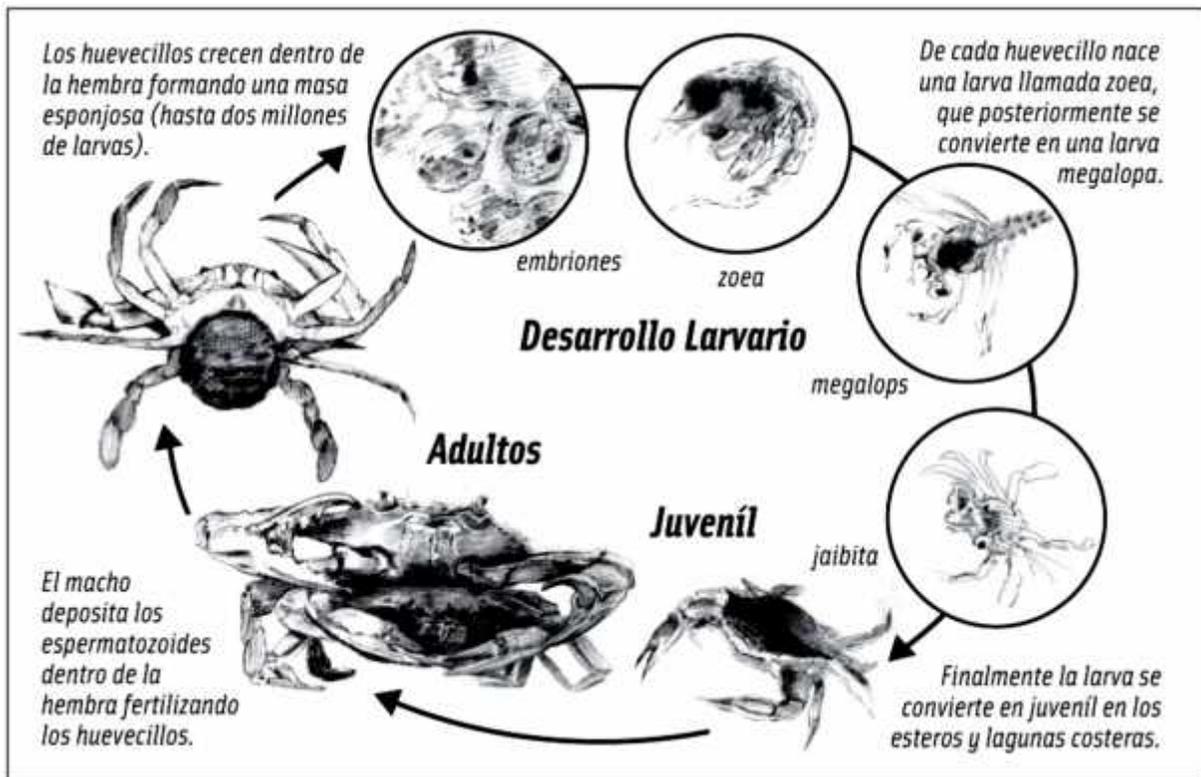


Figura 3. Ciclo de vida de la jaiba *Callinectes* spp del Pacífico mexicano. (Diseño: Centro Intercultural de Estudios del Desierto y Océanos A. C. Tomado de SAGARPA-CONAPESCA, 2014).

2.2.4 Alimentación

Al parecer las jaibas son uno de los eslabones más importantes en las redes tróficas de ecosistemas costeros (Félix-Pico y García-Domínguez, 1993;

Rodríguez-Rojero, 2004). Se clasifican como carnívoros-oportunistas, depredadores de moluscos y crustáceos, que regulan las poblaciones en sustratos suaves y desprotegidos (Rodríguez-Rojero, 2004), incluso de comunidades de sustrato duro (Eggleston, 1990). En la costa del Atlántico, las larvas zoeas cultivadas se alimentan filtrando fitoplancton y zooplancton de 45 a 80 micras, en tanto que las megalopas bentónicas son omnívoras oportunistas que con sus quelas atrapan activamente a sus presas. Los juveniles y adultos son depredadores omnívoros oportunistas, detritívoros, carnívoros y caníbales, que se alimentan de moluscos, detrito, algas, peces, jaibas y otros crustáceos; los juveniles se alimentan por las noches o en las mañanas y los adultos durante el día (Arimoro e Idoro, 2007; Guillory *et al.*, 2001; Paul, 1981; Rodríguez-Rojero, 2004; Wilcox, 2007).

Molina *et al.* (2006), analizaron el contenido alimenticio de los estómagos de jaibas capturadas en Bahía Magdalena, el cual estuvo integrado predominantemente por materia orgánica, que puede ser de organismos en descomposición o del producto de la captura de moluscos bivalvos y gasterópodos no identificados. Otros componentes del espectro trófico fueron: *Chione californiensis* (almeja roñosa), *Aminoea* spp. (caracol), *Tagelus affinis* (navaja), *Orchestoidea* spp. (anfípodo), *Bryopsis* spp. (alga verde), además de *Callinectes* spp. (jaibas). Al analizar los resultados del contenido estomacal de diferentes clases de talla, por sexo y grado de madurez, se concluyó que no existe una tendencia en tipos alimentarios, por lo que se puede calificar a las jaibas cafés (*C. bellicosus*) como organismos omnívoros (Molina *et al.* 2006).

2.2.5 Depredadores

Las jaibas tienen varios depredadores de distintos grupos taxonómicos. Especies de tortugas marinas como la caguama (*Caretta caretta*) y la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) se alimentan activamente de jaibas en aguas someras del Golfo de México, (Plotkin *et al.*, 1993; Shaver, 1991). La curvineta ocelata *Sciaenops ocellatus* presente en la misma región se alimenta activamente de *C. sapidus* durante todo el año (Facendola, 2010). Las jaibas al ser carnívoras

practican el canibalismo, por parte de los organismos grandes o adultos sobre juveniles. En el Golfo de California varias especies de organismos carnívoros tanto en estadio juvenil como adulto son depredadoras de jaibas: Serranos (*Diplectrum* spp.), meros (*Epinephelus* spp.), pargos (*Lutjanus argentiventris*, *Hoplopagrus guentherii*), burros (*Haemulon* spp.), curvinas (*Sciaenidae*), lupones (*Scorpaena* spp.), totoaba (*Totoaba macdonaldi*), cochitos (*Ballistes* spp.), pericos (*Scaridae*), señoritas (*Labridae*), botetes (*Tetraodontidae*), leones marinos (*Zalophus californianus*), tortugas marinas (*Lepidochelys olivácea*, *C. caretta*, *Dermochelys coriácea*, *Chelonia mydas*), vaquita marina (*Phocoena sinus*), calamar gigante (*Dosidicus gigas*), entre otros, como los tiburones, rayas, lenguados, mojarras (Ainsworth *et al.*, 2011; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2007; Morales-Zárate *et al.*, 2004).

2.2.6 Enfermedades

Se ha reportado en las costas del noreste del Pacífico y Escocia, agentes infecciosos, los cuales han impactados severamente las pesquerías de jaibas y cangrejos (Meyers *et al.*, 1987; Shields *et al.*, 1989). Debido a las condiciones del medio ambiente que pueden favorecer brotes de organismos patógenos, en particular en poblaciones relativamente cerradas en condiciones de estrés (calor, hipoxia, hipersalinidad, pesca o depredación) que habitan en lagunas costeras y fiordos. Los portúnidos pueden ser infestados por varios tipos de organismos patógenos y no patógenos. En la costa del Atlántico de E.U. se ha encontrado que la jaiba azul (*C. sapidus*) puede padecer enfermedades causadas por virus, bacterias, amibas, microsporidias, ciliados y gusanos (Messik, 1998; Sprague *et al.*, 1969). Cuatro virus patógenos se han detectado en jaibas de las bahías de Chesapeake y Chincoteague, E.U.; estos atacan células de la hemolinfa y del tejido epitelial y generan altas mortalidades (Johnson y Bodammer, 1975).

En México, Mañón-Ríos (2010), realizó un estudio en la costa del sur de Sonora y de Sinaloa parte norte-centro donde encontró que la jaiba azul silvestre (*C. arcuatus*) es portadora de los virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) y el de la necrosis hipodermal y hematopoyética infecciosa (IHHNV). La

prevalencia de ambos virus disminuye de sur a norte. Aun no se conoce sobre el efecto que ocasionan estos virus en jaibas. Se sabe que, en camarones, el WSSV puede provocar inapetencia, letargia y, por último, la muerte. El virus es transmitido por ingesta de organismos afectados o por contacto con agua infestada. En camarones, el IHHNV infecta tejidos ectodérmicos y mesodérmicos causando principalmente altas mortalidades y enanismo en camarones juveniles (Mañón-Ríos, 2010).

2.2.7 Crecimiento

El crecimiento de los crustáceos decápodos es un proceso discontinuo, consistente en una sucesión de mudas (ecdisis) separadas por un periodo entre mudas, en donde el integumento es duro y no hay crecimiento. En cuanto se despoja del integumento el organismo crece con rapidez en un periodo muy corto antes de que el nuevo integumento se endurezca. La ecdisis es controlada por células neurosecretoras, llamado órgano X (glándula del seno), que se encuentran en el pedúnculo de los ojos, libera una hormona que inhibe la muda, mientras que el órgano Y, su función es activar la muda, cuando ésta secreta la hormona ecdisona, localizada en las antenas. Previo a la muda, el exoesqueleto retira sales inorgánicas y las almacena en los gastrolitos y otros sitios. El exoesqueleto antiguo es roto por enzimas del fluido de muda y secreta una nueva cutícula, luego la jaiba rápidamente absorbe agua, rompe el viejo exoesqueleto junto con las suturas entre el carapacho y el esternón y se sale por la parte posterior del antiguo exoesqueleto. Enseguida se presenta una rápida deposición al haber recuperado sales inorgánicas para endurecer la nueva cutícula (Barnes, 1975; Molina *et al.*, 2006).

El proceso de la muda parece estar ligado a la sensibilidad a la luz y ritmos circadianos (Casillas-Hernández *et al.*, 2002). Durante este proceso los cambios estructurales y morfológicos en la muda se reflejan en variaciones bioquímicas y fisiológicas, en especial en la hemolinfa y hepatopáncreas. En la ecdisis, las reservas orgánicas se guardan y se transportan para ser usadas en el proceso de formación del nuevo exoesqueleto. En los crustáceos al carecer de estructuras

óseas, se consideraban que no podía determinarse marcas de crecimiento tal como se realiza en otras especies que presentan estas estructuras. Desde siempre, los estudios de crecimiento individual de las jaibas *Callinectes* se han realizado mediante técnicas basadas en tallas (Sparre y Venema, 1995). Recientemente se ha dado a conocer en los estudios realizados por Kilada y colaboradores (2012), que es posible determinar la edad de cangrejos, jaibas y langostas en los pedúnculos oculares y en los molinos gástricos.

En el Golfo de California, López-Martínez y colaboradores (2014), determinaron parámetros de crecimiento individual de jaibas, estos valores fueron los siguientes: para *C. arcuatus* una tasa de crecimiento anualizada (k) de 0.75 y con una longitud asintótica (L) de 161 mm; *C. bellicosus* $k = 0.94/\text{año}$ y $L = 161.63$ mm; por último *C. toxotes* con una $k = 0.69/\text{año}$ y $L = 188.50$ mm AC. En la laguna costera Las Guásimas (sur de Sonora), la jaiba *C. bellicosus* obtuvo los valores de $k = 0.9/\text{año}$ y $L = 169$ mm AC; para *C. arcuatus* fueron: $k = 0.84/\text{año}$ y $L = 140$ mm AC (Hernández y Arreola-Lizárraga, 2007).

Mientras que en las costas de Sinaloa los estudios realizados por Ruiz-Camacho *et al.* (1985), los parámetros para *C. arcuatus* en el estero el Sábalo, fue $k = 1.9$; Alejo-Álvarez y Ávila-Martínez (1977) para *C. toxotes* una $k = 2.61/\text{año}$, en condiciones de laboratorio. Ayala-Espinoza y Espinoza (2000), estimaron para *C. bellicosus* una $k = 2.89/\text{año}$ para machos y en hembras $k = 3.85/\text{año}$ en la Bahía de Santa María La Reforma; Rodríguez-Domínguez *et al.* (2012), en una laguna costera del centro-norte de Sinaloa, donde estimaron $L = 155.4$ mm AC para machos y en hembras $L = 125.5$ mm AC de la especie *C. bellicosus*, quienes concluyen que éstas presentan una muda terminal relacionada con la maduración sexual, en tanto que los machos continúan creciendo. En la Laguna El Colorado, Ahome, se estimó para los machos de *C. arcuatus* una $K = 0.84/\text{año}$ y $L = 140$ mm, en las hembras fue de $K = 0.55/\text{año}$ y $L = 156$ mm, el promedio de incremento fue de 7.56 mm/mes para machos, y de 7.32 mm/mes en las hembras. En el caso de *C. bellicosus* los valores son $K = 0.90/\text{año}$ y $L = 169$ mm AC (machos); $K = 1.20/\text{año}$ y $L = 178.5$ mm AC (hembras), el incremento promedio

fue de 10.0 mm/mes en los machos y de 8.1 mm/mes las hembras (Diarte-Plata, 2014).

Algunos otros autores también determinaron los promedio de incremento de la jaiba en el estado de Sinaloa, Dittel y Epifanio (1984), indican que *C. arcuatus* incrementa 108 mm AC en un año. Mientras que Paul (1982), determinó para *C. arcuatus* y *C. toxotes* un incremento de 20 mm a 90 mm de AC a los 240 días, en el sistema Lagunar Huizache-Caimanero; en este mismo sistema el incremento para la especie *C. arcuatus* se estimó en 8 mm/mes para las hembras y 10 mm/mes en machos (Anónimo, 1994).

Más al centro de las costas del país en la Laguna de Cuyutlán, Colima, se determinó que *C. arcuatus* incrementa 180 mm en el primer mes, en un periodo de diez meses alcanzan el máximo incremento en peso, las tasas promedio de incremento para los juveniles fue de 18 mm/mes y los adultos de 3.8 mm/mes (Estrada-Valencia, 1999). Al sur del país en el Estado de Chiapas, se calculó para *C. arcuatus* en el sistema lagunar La Joya-Buenavista, una tasa de incremento promedio diario en 1.2 mm/día, con una $K = 0.3524/\text{año}$ y $L = 140.3$ mm (Ramos-Cruz, 2008). En el sistema lagunar Mar Muerto, se determinó para *C. arcuatus* un valor de $K = 0.77/\text{año}$ y $L = 136.2$ mm; para *C. bellicosus* $K = 0.84/\text{año}$ y $L = 177.2$ mm; y *C. toxotes* $K = 0.61/\text{año}$ y $L = 195.9$ mm (Gil-López, 2009).

2.2.8 Reproducción

Las jaibas son organismos dioicos que presentan dimorfismo sexual externo, diferenciadas por la forma del abdomen (Key *et al.*, 1999). En las familias braquiuras Cancridae (*Cancer*) y Portunidae (*Callinectes*, *Portunus* y *Carcinus*), se ha visto que el macho (Fig.4 a) previo a la muda de las hembras sexualmente maduras (Fig.4 b), éste la lleva de un lado para otro debajo de él, con el caparazón de ella debajo de su esternón (Barnes R., 1975). Para transferir el esperma a la espermateca de la hembra, el macho la abraza durante uno o dos días después de la ecdisis hasta que su exoesqueleto endurece (Key *et al.*, 1999). Posteriormente, el esperma fecunda los óvulos y la hembra desarrolla en el

abdomen una masa ovígera o de huevos externa (hueva) (Fig.4 d) inicialmente de color naranja, cuyos volumen y número de huevecillos se relacionan con el tamaño de la jaiba (Arshad *et al.*, 2006; Wilcox, 2007).

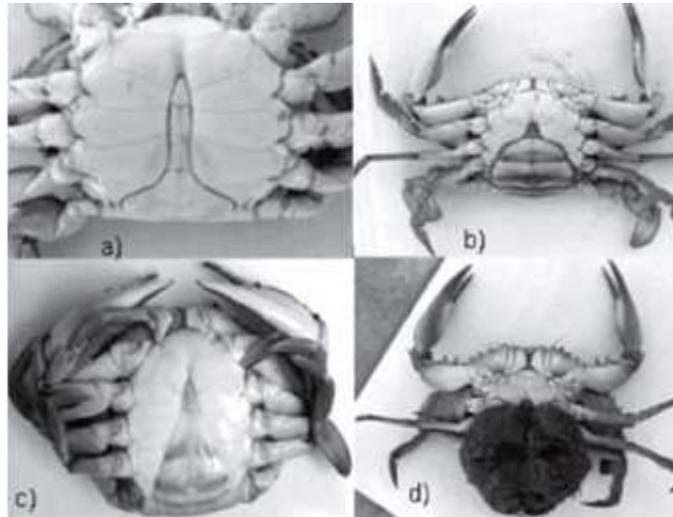


Figura 4. Características sexuales y estadios de madurez de las jaibas *Callinectes*: a) macho, b) hembra madura, c) hembra inmadura y d) hembra ovígera (Gil-López, 2009).

Los machos se aparean en repetidas ocasiones después de que han sufrido tres o cuatro mudas, a los 12 o 18 meses de edad. Las hembras se aparean a la misma edad, al parecer sólo una vez en su vida (Havens y Mc Conaugha, 1990; Key *et al.*, 1999). Estas pueden conservar el esperma de dos a nueve meses después del apareamiento en un receptáculo seminal especializado, luego liberan los huevos fertilizados más de una vez al año y durante dos o más años (Velázquez de la Cruz y Ramírez de León 2011; Wilcox, 2007).

Las jaibas son estrategas “r”, lo que les permite a las hembras incrementar el periodo de producción de huevos y aumentar la probabilidad de éxito reproductivo en ambientes variables, lo que favorece a la población de jaiba (Fox y Rauter, 2003; Wilcox, 2007). Las hembras pueden formar hasta siete masas ovígeras al año, producto de un sólo apareamiento. Dentro del huevo las larvas consumen el vitelo y sus ojos se pigmentan, aproximadamente en dos semanas la masa de huevos se oscurece (Wilcox, 2007).

La jaiba presenta un gran potencial reproductivo que garantiza la conservación de la especie a pesar de su alta mortalidad larval (Bacab-Cahuich *et al.*, 2002). Dependiendo de la especie, las hembras pueden producir de uno a ocho millones de huevos en aguas con salinidades de al menos 20 ups (Arshad *et al.*, 2006; Fischer y Wolff, 2006; Ramírez-Félix *et al.*, 2003; Wilcox, 2007). Para la especie *C. similis* se determinó que la fecundidad varía de 125, 734 huevos en una hembra de 62 mm de AC (19.9 g) a 986, 393 huevos en una hembra de 102 mm AC (83.58 g) (García-Montes *et al.*, 1987).

La fecundidad de *C. sapidus* varía entre 0.7 y 4 millones (Bacab-Cahuich *et al.*, 2002). En el caso de *C. arcuatus* se han registrado valores de fecundidad en el intervalo de 228, 862 huevecillos para una hembra de 72 mm de AC, hasta 2' 522, 020 huevecillos para una hembra de 95 mm de AC y promedio de 793, 798 huevecillos (Estrada-Valencia, 1999).

En el estero El Conchalito, Ensenada de la Paz B.C.S., México Escamilla-Montes (1998), estimó la fecundidad promedio para *C. arcuatus* de 3' 929,105 huevos por hembra con una talla promedio de 107.01 mm de AC, mientras que para *C. bellicosus* fue de 4' 726, 409 huevos en promedio para hembras con una talla promedio de 112.79 mm de AC.

2.2.9 Mortalidad natural y sobrevivencia

Reyes-Benítez *et al.* (2007), en el sur de Sonora, en particular la zona de Las Guásimas, determinó una tasa instantánea de mortalidad natural (M) estimada de 1.93/año en el para *C. bellicosus* y en el caso de *C. arcuatus* fue de 1.97/año. Otro estudio reciente por Álvarez-Flores (2011), se estima en 1.06/año el valor más verosímil de la tasa instantánea de mortalidad natural para la jaiba café (*C. bellicosus*) de todo el litoral de Sonora. Para *C. sapidus* de las costas de Quintana Roo, la estimación de mortalidad natural fue de 0.66/año (Rosas-Correa y Navarrete, 2008).

Con base en diversos valores de los parámetros de crecimiento individual reportados por López-Martínez *et al.* (2014) (excepto $k > 2$) se utilizó el método de

Pauly (1984), para estimar un valor medio de mortalidad natural para cada una de las tres especies. Los valores considerados para la temperatura promedio del hábitat fueron: 26 °C para *C. bellicosus*, 28 °C para *C. arcuatus* y 30 °C para *C. toxotes*; los respectivos valores así estimados fueron: 1.19/año, 0.77/año y 0.50/año. Los inversos (e^{-M}) de estas tasas de mortalidad arrojan tasas medias de sobrevivencia anual de 0.31, 0.46 y 0.61 para cada una de las tres especies (INAPESCA, 2014).

2.3 Pesquería

En el litoral del Pacífico Mexicano, el aporte (expresado en porcentajes) a la Producción Nacional por las siguientes entidades, se mencionan en orden de importancia: Sinaloa, Sonora, Baja California Sur, Baja California y Chiapas (Figura 5). Sin tomar en cuenta los Estados de Sonora y Sinaloa, la captura de jaiba en el periodo de 2003 al 2012, se registran que Baja California Sur y Chiapas, son los Estados con mayor producción reportados (SAGARPA-CONAPESCA, 2014).

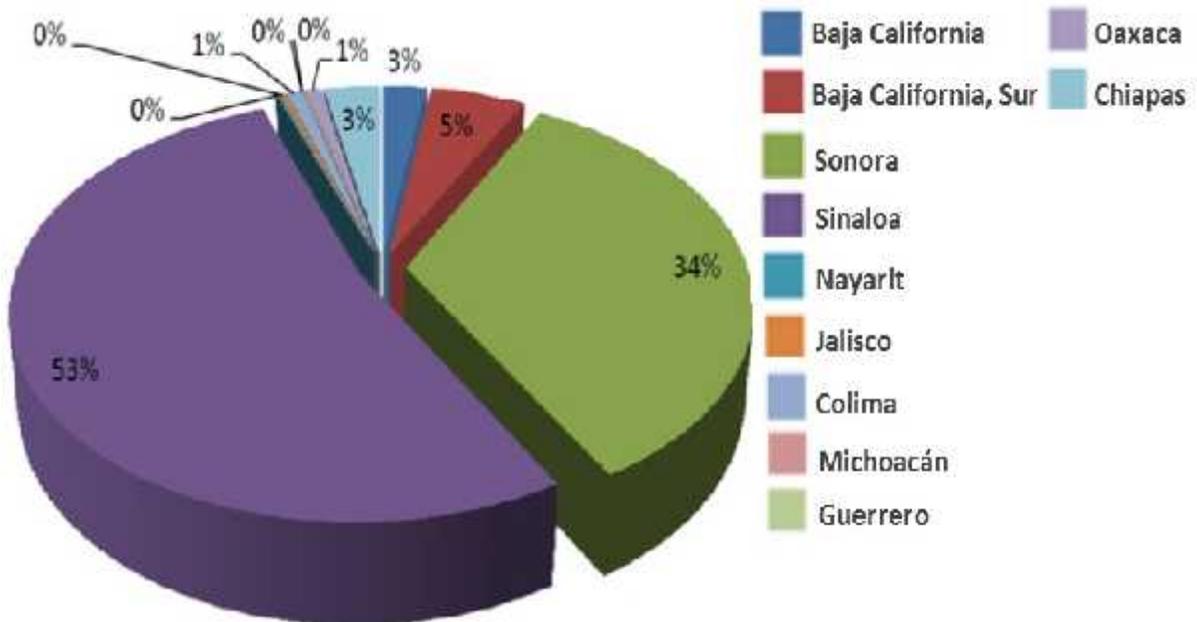


Figura 5. Producción en las entidades del litoral del Pacífico donde se capturan las jaibas (*Callinectes* spp.) en un periodo de 21 años. (Tomado de SAGARPA-CONAPESCA, 2014).

Por otra parte el registro nacional de INAPESCA (2014), en el periodo 2002 - 2013, demuestran que hubo una producción promedio anual de 21, 910 toneladas en peso vivo. La producción de jaiba osciló en 2002 y 2008, entre 15, 959 y 28, 064 toneladas respectivamente (Figura 6). El valor de primera mano de la producción nacional (26, 878 toneladas) correspondiente a 2013, fue de 349.65 millones de pesos.

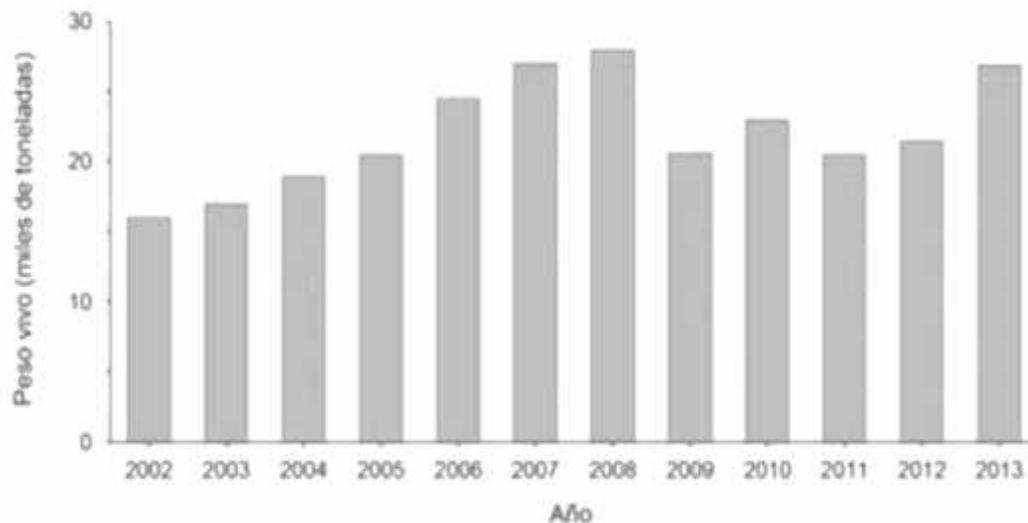


Figura 6. Producción nacional de jaiba (*Callinectes* spp.), en el periodo 2002-2013. (Tomado de INAPESCA, 2014).

III. ANTECEDENTES

3.1 Pesca de jaibas en las costas de Oaxaca-Chiapas

En los Estados de Oaxaca y Chiapas, la captura de jaiba se inicia en forma comercial en 1989, con capturas promedio anual de dos y 190 t de peso vivo, respectivamente. Es en 1994 cuando las capturas se empiezan a incrementar en un promedio anual de 76.3 t en Oaxaca y 218 t en Chiapas. Para el sistema lagunar Mar Muerto, la captura de jaiba se realiza con las diferentes artes de pesca: aros, sacador, trampas, red y atarraya; con una marcada tendencia hacia una pesquería estable e importante debido al impacto y derrama económica que está genera (Gil y Sarmiento, 2001), de todos los sistemas lagunarios-estuarinos de la región suroeste, es en el Mar Muerto donde se realiza con mayor intensidad la captura de estos organismos (Ramos-Cruz, 2008).

Para las entidades antes mencionadas, la captura y la comercialización de jaiba constituye una actividad alterna cuando la abundancia del camarón (principal pesquería) y otras especies de escama disminuyen. El recurso jaiba es explotado durante todo el año en los sistemas lagunares de la región suroeste, al no contar con ninguna restricción de tipo biológico o pesquero, lo que le beneficia a las sociedades cooperativas, permisionarios y pescadores libres de la región aprovechar su captura durante todo este tiempo (INAPESCA, 2014).

3.2 Abundancia y hábitat

Dentro de la familia Portunidae, las jaibas del género *Callinectes* son los organismos de mayores tallas y uno de los más abundantes en zonas someras (Chávez y Fernández, 1976; Román-Contreras, 1986). Presenta especies que habitan en esteros, bahías, lagunas costeras y desembocaduras de ríos, así como en el litoral rocoso y arenoso de las playas tanto continentales como insulares en profundidades de hasta 90 m (Ruiz, 1978; Williams, 1984).

Callinectes arcuatus, habita generalmente en los fondos arenosos-fangosos, lagunas, estuarios, canales de manglar y desembocaduras de ríos (Williams, 1974; Hendrickx, 1984). *Callinectes bellicosus*, habita principalmente los fondos arenosos (González *et al.*, 1990). Finalmente *C. toxotes*, habita en lagunas costeras y estuarios con profundidades de hasta 30 m, generalmente en aguas con salinidades inferior a los 30 ups (Williams, 1974; Hendrickx, 1984).

En muchos estudios para poder conocer el índice de abundancia en cierta especie, se utilizan los datos de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), según Gulland (1964). Retomando lo anterior el conocimiento sobre la abundancia de jaiba es posible gracias a los registros en las distintas entidades que extraen este recurso en la costa del Pacífico mexicano.

En el caso de Baja California, la pesca de jaiba se realiza en la costa oriental, del norte desde San Felipe a Bahía San Rafael; en esta localidad es donde las capturas de jaibas son las más bajas del Pacífico mexicano y se compone fundamentalmente *C. bellicosus*. En Baja California Sur, la captura es 100% de *C. bellicosus* (INAPESCA, 2014). La otra especie *C. arcuatus* en Baja California Sur, tiene poca demanda comercial al ser de tallas pequeñas y su distribución submareal, especialmente en ambientes de manglar (Rodríguez-Rojero, 2004). En la entidad antes mencionada los valores de abundancia para *C. bellicosus* se asocian a las zonas con pastos marinos y macroalgas como en San Carlos Viejo, La Libertad y San Buto, Bahía Magdalena (González-Ramírez *et al.*, 1990).

En las costas de Sonora y Sinaloa la abundancia de jaiba café (*C. bellicosus*) disminuye de norte a sur, caso contrario de la jaiba azul (*C. arcuatus*) y negra (*C. toxotes*). En estas entidades las especies *C. bellicosus* y *C. arcuatus* representan casi la totalidad de las capturas comerciales, siendo *C. bellicosus* la más importante, con 57% de las capturas en Sinaloa y 95% en Sonora, mientras que *C. arcuatus* representa 41% en Sinaloa y 5% en Sonora. La captura de *C. toxotes* en Sinaloa se da marginalmente (Huato-Soberanis *et al.*, 2006; Salazar-Navarro *et al.*, 2008). Montemayor-López *et al.* (2003) asociaron la mayor

abundancia de jaibas en la costa de Sonora donde predominan los sustratos suaves compuestos de fango y detritos, también observó elevadas densidades de jaibas en sitios con alta densidad de macroalgas y pastos marinos.

Más al sur, en los estados de Oaxaca y Chiapas, Ramos-Cruz (2008), indica que en los sistemas lagunares-estuarinos, la especie *C. arcuatus* es la más abundante, representando el 90 % de las capturas, el 10 % restante se distribuye entre *C. bellicosus* y *C. toxotes*. Estos porcentajes fueron cercanos a lo obtenido en el sistema lagunar Mar Muerto, específicamente en la comunidad de la Gloria, Arriaga, por Lorenzana Moguel y colaboradores (2012), *C. arcuatus* representó el 95% de las capturas durante todo el año, las otras dos especies; *C. bellicosus* y *C. toxotes* conforman el 5% solo en temporadas.

En general para el sistema lagunar Mar Muerto (Oaxaca-Chiapas), Gil y Sarmiento (2001), encontraron que la especie más abundante fue *C. arcuatus*, con la mayor incidencia en junio-julio, y enero-febrero con menor incidencia. *Callinectes bellicosus*, presentó su mayor abundancia en septiembre-octubre, posteriormente en febrero-marzo, la abundancia más baja se presentó en noviembre-diciembre. Para *C. toxotes*, la mayor abundancia fue de junio a septiembre y en menor incidencia en noviembre y diciembre. Establecieron la distribución espacial de jaibas en el sistema, en donde la parte más interna de la laguna, predominó *C. toxotes* y en segundo término *C. arcuatus*, con una ausencia total de *C. bellicosus*. En la parte media del sistema (Conchalito, Oaxaca.) predominaron *C. arcuatus* y *C. toxotes*, con la presencia esporádica de ejemplares juveniles de *C. bellicosus*, en áreas de alta salinidad. En la parte de Paredón, Chiapas, predomina *C. bellicosus* y *C. arcuatus* pero *C. toxotes* con casi ausencia total, de esta última especie únicamente se capturaron algunas hembras ovígeras cerca de la bocabarra del sistema lagunar.

3.3 Talla de primera madurez sexual

En el litoral Pacífico de Costa Rica, Fischer y Wolff (2006), estimaron que los machos de *C. arcuatus* tienen su primera madurez a los 94.6 mm AC, tamaño que

alcanzan al año de edad. Mientras que al norte del país en el estado de Sonora, Nevárez-Martínez *et al.* (2003), estimaron para esta especie una talla de primera madurez a los 70.5 mm AC y para *C. bellicosus* de 80 mm AC. Otros autores determinaron que en los meses de abril a septiembre (primavera-verano) presentan madurez sexual, incluso desde marzo ya se pueden observar espermatozoides en el ovario de *C. arcuatus* y *C. bellicosus*, en Sonora (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2003; Castro-Longoria *et al.*, 2002 y 2003).

En la costa de Oaxaca, se ha reportado que *C. arcuatus* madura sexualmente a los 58 mm AC (Estrada-Valencia, 1999). Sin embargo, Ramos-Cruz (2008), en la Joya-Buenavista, Chiapas, encontró un ejemplar hembra en condiciones de madurez con una talla más pequeña a los 41 mm AC y estimó una talla media de primera maduración en los 85 mm AC. En el sistema lagunar Mar Muerto, Gil-López (2009) registró las tallas mínimas de hembras sexualmente maduras, para *C. arcuatus* fue de 66 mm, *C. bellicosus* 129 mm y *C. toxotes* 134 mm AC, los valores máximos fueron; *Callinectes arcuatus* 114 mm, *C. bellicosus* 141 mm y *C. toxotes* 162 mm AC. La talla de primera captura quedaron establecidas para *C. arcuatus* a partir de 92 mm, *C. bellicosus* de 133.8 mm y para *C. toxotes* de 146.5 mm AC.

Las distintas especies de jaibas presentes en las costas de Oaxaca y Chiapas se reproducen todo el año; sin embargo, hay un periodo en el que los índices reproductivos se incrementan por especie (INAPESCA, 2014). De acuerdo a los estudios realizados dentro del sistema lagunar Mar Muerto en los meses de abril a julio ocurre el máximo reproductivo de *C. arcuatus*, mientras que para *C. bellicosus* es en septiembre y para *C. toxotes* de mayo a julio (Gil-López, 2009; Ramírez-Félix *et al.*, 2003).

3.4 Fecundidad

En las costas del Pacífico mexicano se cuenta con trabajos realizados sobre fecundidad en organismos del género *Callinectes*, entre esos estudios Quijano (1985), determinó la relación potencial que existe entre el ancho del caparazón–

fecundidad y peso–fecundidad de *C. arcuatus* donde sugiere una alta tasa de producción de huevecillos para estos organismos.

Un estudio realizado en Baja California Sur, en la parte de Bahía Magdalena, México por González-Ramírez y colaboradores (1990), estimaron la fecundidad para ocho ejemplares de *C. bellicosus*, arrojando un promedio de 1´ 463, 000 huevos, con un mínimo y un máximo de 643, 900 y 2´ 700, 000, respectivamente. Ramírez-Félix y Singh-Cabanillas (2003), reportaron para la misma especie en la Ensenada de La Paz, un valor promedio de 1´ 400, 000 huevos, con un mínimo de 775, 000 y un máximo de 2´ 500, 000 huevos. Para *C. arcuatus*, en la Laguna de Coyutlán, Colima, Estrada-Valencia (1999) reporta que la fecundidad varía de 228, 822 huevos en un organismo de 72 mm AC, hasta 2´ 522, 020 con 95 mm de AC, y un promedio global de 793, 798 huevos por hembra.

Otro estudio realizado en Ensenada de La Paz estimó la fecundidad promedio para *C. arcuatus*, fue de 4´ 094, 171 huevos por hembra con una talla promedio de 107 mm de ancho de caparazón, mientras que para *C. bellicosus* fue de 4´ 576, 258 huevos en promedio por hembras con una talla promedio de 112.8 mm de ancho de caparazón. Para la especie de *C. arcuatus* se obtuvo una mínima de 1´ 787, 520 huevos para un ejemplar de 84 mm de AC (48.9 g) y un máximo de 7´ 270, 056 en una de 124 mm AC (185.0 g). Para los individuos de *C. bellicosus* la mínima fue de 2´ 807, 184 huevos con 106 mm de AC (113.6 g) y la máxima de 7´ 727, 862 con 121 mm de AC (148.5 g) (Escamilla-Montes *et al.*, 2013).

En particular para el sistema lagunar Mar Muerto, Gil-López (2009), realizó estudios donde reporta la fecundidad de *C. arcuatus* con 340, 219 huevos en una hembra de 72 mm de AC hasta 1´ 759, 802 huevos en una de 108 mm de AC, con un promedio de 872, 968 huevos por cada hembra. Mientras para *C. bellicosus*, se estimó entre 1´ 340, 661 huevos para una hembra de 130 mm de AC, hasta 2´ 582, 208 huevos para una hembra de 140 mm de AC, con un promedio de 2´ 142, 116 huevos por hembra. Finalmente, para *C. toxotes* la fecundidad varió entre 1´ 450, 272 huevos en una hembra de 138 mm de AC y 3´ 128, 124 huevos en una de 162 mm de AC, con un promedio de 2´ 101, 074 huevos.

3.5 Desarrollo embrionario

Se han realizado algunos trabajos en crustáceos decápodos sobre el desarrollo embrionario, como los estudios de Lardies y Wehrtmann (1996), con cangrejos de la especie *Petrolisthes laevigatus* (Porcelanidae) donde se describen tres estados de desarrollo embrionario durante el periodo de incubación.

De acuerdo a Sarker y colaboradores (2009), el desarrollo embrionario del cangrejo de manglar *Perisesarma bidens* colectados en la parte del manglar Manko, Okinawa I., Japón, se completó dentro de 17 días de incubación poco después de una inseminación artificial, las hembras se acondicionaron a una temperatura ambiente constante de 25°C. A partir del cuarto día de incubación empieza aparecer el tejido del embrión.

En el caso de los cangrejos nadadores o jaibas, Walker *et al.* (2006) estudió la utilización de lipovitellina durante la embriogénesis de *C. sapidus* con una duración de incubación de 10-13 días a 28°C. Soundarapandian y Tamizhazhagan (2009), determinaron para *Portunus pelagicus* un periodo de incubación de entre 6 y 7 días, clasificándolas en cinco estados de desarrollo embrionario: blástula, gástrula, placoda de los ojos, pigmento y latido del corazón.

Soundarapandian y colaboradores (2014), hicieron estudios en otros crustáceos, como el caso del langostino *Macrobrachium idella idella* para observar el efecto de la temperatura sobre el desarrollo embrionario, la morfometría y la supervivencia al incubarlas a cuatro temperaturas diferentes (26, 30, 33 y 36 °C)

En México García-Guerrero y Hendrickx (2004), hicieron estudios en el estero de Urías de una laguna costera al sur de Sinaloa, donde describen el desarrollo embrionario de los cangrejos de manglar *Goniopsis pulchra* y *Aratus pisonii* en huevos vivos. Se determinaron ocho periodos (48 horas cada uno) y nueve periodos respectivamente a partir de hembras colectadas que portaban huevecillos en estado inicial. Manteniéndolas a una temperatura de 26 a 28°C, el desarrollo embrionario duro 14 días para *A. pisonii* y 15 para *G. pulchra*.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar algunos aspectos reproductivos para el género *Callinectes* en el sistema lagunar Mar muerto, Paredón, Chiapas, en las zonas de pesca de jaibas para contribuir al conocimiento biológico y un buen manejo de este recurso.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la relación entre talla y peso de hembras ovígeras de las especies de *C. arcuatus* y *C. bellicosus*.
- Analizar las variaciones de fecundidad relacionada a la talla y el peso de los organismos.
- Diferenciar el desarrollo embrionario con base a la coloración de la masa ovígera de las especies *C. arcuatus* y *C. bellicosus*.
- Identificar los cambios morfológicos de los huevos durante el desarrollo embrionario.

V. ZONA DE ESTUDIO

El sistema lagunar Mar muerto se encuentra al sur del Pacífico mexicano, paralelo al Golfo de Tehuantepec, Oaxaca-Chiapas, localizada entre los 15° 58' y 16° 17' de latitud norte, y entre los 93° 50' y 94° 25' de longitud oeste, tiene una longitud de 12 km en su parte más ancha y 60 km de largo, con un área aproximada de 700 km². La comunicación del cuerpo lagunar con el mar, es por medio de una boca que tiene una anchura de 500 m aproximadamente y 3.6 m de profundidad, limitada por una barrera física conocida como Barra de Tonalá. (Cervantes Castro, 1969).

Este sistema lagunar se puede dividir en tres subsistemas hidrológicos: subsistema eurihalino; corresponde a la parte más interna de la laguna con grandes variaciones de salinidad y temperatura durante el año, alta turbidez, somero (profundidad promedio 1m), con escasa vegetación costera, y grandes extensiones de algas verde-azules en la parte oeste, subsistema marino; está en contacto directo con el mar a través de la Boca de Tonalá, de mayor profundidad, con menor variación de salinidad y temperatura, y alta transparencia del agua, con abundante vegetación litoral, así como amplias praderas de pastos marinos y praderas de algas; tiene un delta interno resultado del flujo de marea que deposita sedimentos arenosos hacia el interior de la laguna, y las condiciones marinas prevalecen la mayor parte del año, y por último el subsistema de transición; donde la parte central de la laguna tiene contacto entre el subsistema eurihalino y el subsistema marino. En ocasiones cuando el gradiente salino es débil, el subsistema marino es muy evidente; cuando el gradiente salino es fuerte, conforma una unidad con la parte más interna de la laguna (Tapia-García *et al.*, 2011).

Álvarez del Villar y Díaz Pardo (1973), describen a la laguna muy somera, ya que el 49.5% tiene profundidades menores a 1m y sólo el 2.3% alcanza más de 5 m. En ella desembocan un gran número de ríos de escasa dimensión los que se mantienen secos durante la época de sequía, entre éstos, el de mayor importancia

es el río Tapanatepec que desemboca en la región denominada El Escopetazo. Durante octubre, noviembre y diciembre se presentan con frecuencia vientos denominados Nortes o Tehuantepecanos, a pesar de que tienen una dirección de oeste a este, y disminuyen de enero a marzo. Estos vientos ocasionan una corriente superficial hacia la Boca de Tonalá, lo cual determina que el nivel de la laguna disminuya notablemente; el nivel se restablece cuando cesan los nortes.

El área de estudio está ubicada en la zona de pesca de jaibas, de la localidad de Paredón municipio de Tonalá, Chiapas, donde se determinó trabajar tres estaciones sobre esta zona (Figura 7): La estación "A" (EA) al sur de la localidad Punta Flor, la estación "B" (EB) cerca de la una zona llamada El Conchal por los pescadores y frente a la Boca Barra de la laguna, y la estación "C" (EC) frente a la parte sur de la localidad de Paredón y cercano a los límites en el extremo este de la laguna (Fig. 7)

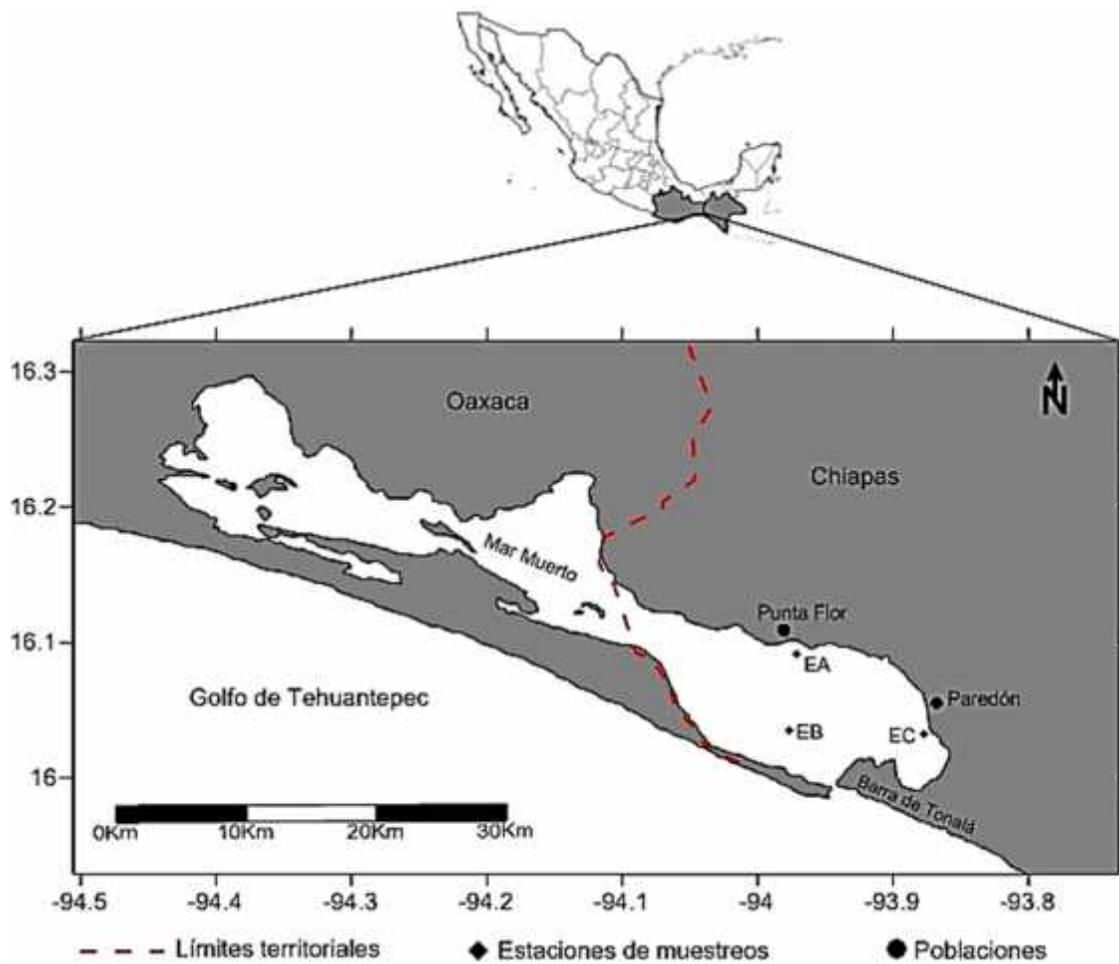


Figura 7. Estaciones de muestreos (EA, EB y EC), dentro de la zona de pesca de jaibas en el sistema Lagunar Mar Muerto.

Tabla I. Estaciones de muestreos dentro la Laguna Mar Muerto, en la zona de pesca de jaibas *Callinectes* spp. de Paredón, Chiapas.

Estaciones	Coordenadas
EA	16° 5'33.90" N y 93°58'6.10" O
EB	16° 2'1.20" N y 93°58'22.70" O
EC	16° 1'56.80" N y 93°52'14.10" O

VI. MÉTODOS

6.1 Trabajo de campo

La colecta de jaibas se realizó de dos formas: muestreos con trampas y muestreos a orilla de playa (producto de las pesquerías). El muestreo con trampas se llevó a cabo mensualmente en el periodo de mayo de 2015 a abril del 2016, en tres estaciones establecidas mediante la consulta a pescadores del recurso. La captura se realizó utilizando 50 aros jaiberos para cada estación, previamente cebados con trozos de pescados en la porción media, estos fueron lanzados en dos líneas de 25 aros cada una separados por 10 metros entre aros, en el punto medio de estos transectos se registraron los parámetros de temperatura (°C) y salinidad (ups) con el YSI 556 (multiparámetro), en las tres estaciones. Al terminar de colocar las dos líneas de trampas se dejaron transcurrir 30 minutos antes de empezar a recuperarlas. Las jaibas capturadas fueron puestas en una tara de plástico, para seleccionar aquellas ovígeras que luego se colocaron en bolsas de plástico con hielo y se conservaron en hielo para su transporte al laboratorio.

Los muestreos a orilla de playa, se realizaron durante el mismo periodo, a diferencia que en esta, las jaibas fueron colectadas de una a dos veces por mes, de la captura de pescadores comerciales. De la misma manera, se colectaron únicamente hembras ovígeras, que posteriormente se colocaron en bolsas de plásticos y se transportaron en una hielera al Laboratorio de Ecología de Recursos Pesqueros (LERP) del Centro de Investigaciones Costeras (CEICO-UNICACH), ubicada en el municipio de Tonalá, Chiapas.

6.2 Trabajo de laboratorio

En las instalaciones del laboratorio, los organismos se identificaron con el apoyo de la guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, en el Pacífico Centro-Oriental (1995). Las características distintivas que se emplearon para cada una de las especies de estudio, se describen a continuación:

Callinectes arcuatus (Ordway, 1863), tiene un caparazón con nueve dientes anterolaterales iguales o similares salvo el noveno que es más de dos veces más largo que el margen posterior del diente inmediatamente precedente. Con cuatro dientes frontales en forma de triángulo aunque los dientes laterales siempre más grandes que los centrales y en forma de un triángulo agudo. Pedúnculo oculares cortos; fisura supraorbital bien definida pero no muy ancha. Superficie externa del quelípodo con 1 o 2 espinas o dientes bien marcados; ángulo medial del carpo sin espina. Telson de la hembra madura ancha de forma redondeada o semicircular y libre. Hembras ovígeras con los huevos visibles en la parte ventral adherido en el interior del telson por los pleópodos. Caparazón moderadamente fino con regiones distinguibles. Área intramedial más corta que su anchura posterior. Color del caparazón verde o aceitunado grisáceo. Quelípodo verdes aceitunados dorsalmente, blancos ventralmente, con tonos azul morados; extremidades de las quelas café amarillenta. Pereiópodos verdes aceitunados, con reflejo azul turquesa. Talla máxima registrada: 14 cm (macho) y 12 cm (hembra) de ancho del caparazón (AC). Se cita un ejemplar de 15 cm, sexo no determinado (Hendrickx, 1995).

Callinectes bellicosus (Stimpson, 1859), posee un caparazón con nueve dientes anterolaterales iguales o similares salvo el noveno que es más de dos veces más largo que el margen posterior del diente inmediatamente precedente. Con cuatro dientes frontales, los dientes centrales muy reducido o ausentes y dientes laterales bien desarrollados en forma de un triángulo agudo. Pedúnculo oculares cortos; fisura supraorbital bien definida pero no muy ancha, a veces muy reducidas o completamente obsoletos. Superficie externa del quelípodo con 1 o 2 espinas o dientes bien marcados; 6 ángulo medial del carpo sin espina. Telson de la hembra madura ancha de forma redondeada o semicircular y libre. Hembras ovígeras con los huevos visibles en la parte ventral adheridos en el interior del telson por los pleópodos. Caparazón finamente granulado con regiones indistinguibles. Área intramedial más corta que su anchura posterior. Color del caparazón jaspeado, amarillo-verdoso, en ocasiones con marcas negras cerca de las órbitas y en la región branquial. Quelípodo verde-amarillento a café-verdoso,

articulación del carpo rojo-morada, y articulación del dedo móvil de la quela con una mancha azul-morada. Pereiópodos café-amarillento. Talla máxima registrada: 17 cm (macho) y 14 cm AC (hembra) (Hendrickx, 1995).

Una vez separadas por especies, cada hembra fue pesada registrando el peso total (PT) en gramos, con la ayuda de una báscula digital, con capacidad de 5000 g y precisión de ± 1 g, y con un vernier digital se registró la talla del ancho de caparazón (AC) en milímetros.

Obtenidos los datos biométricos de cada ejemplar, se le retiro la masa ovígera en fresco con un bisturí y un alicate desde los pleópodos para dañar lo menos posible la masa ovígera y así evitar su fragmentación durante el proceso de conservación. Se registró el peso húmedo de las masas ovígeras en la báscula digital para después fijarla en una solución de formol al 10%, se almacenaron en un frasco de plástico etiquetado con la fecha, estación y especie para su posterior análisis.

6.3 Análisis de los datos físico-químicos.

Se construyó una base de datos utilizando el paquete estadístico Statistica 8, para obtener los promedios mensuales y por estaciones de muestreos. También se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía, para comparar las diferencias entre las variables ambientales con base a los meses y las estaciones de muestreos, con un nivel de significancia de 0.05.

6.4 Frecuencia de tallas

Los análisis de frecuencias se realizaron tomando en cuenta las tallas del ancho de caparazón (AC), la cual es la distancia entre las espinas anterolaterales del caparazón. Calculando la frecuencia en clases de tallas por especie, siguiendo los métodos estadísticos sugeridos por Flores-Hernández *et al.*, (2007).

Para formar las distribuciones de frecuencias, se elaboró de la siguiente manera:

1. Obtención de las diferencias entre los valores extremos, amplitud o rango (R):

$$R = \text{dato mayor} - \text{dato menor}$$

2. Se calculó el número de intervalos de clase:

$$K = 1 + 3.32 (\text{Log}_{10}n)$$

3. Se estimó el tamaño de cada intervalo (W) mediante:

$$W = \frac{R}{K}$$

Si el resultado de la división no es un número entero, se redondea al entero superior.

4. Enseguida se calculó la nueva amplitud (NR):

$$NR = (W) (K)$$

El resultado de la diferencia que hay entre la nueva amplitud (NR) y el rango (R) original, se le conoce como exceso, este valor se distribuyó entre los valores extremos; sumando un valor al límite superior de los datos y restando un valor al límite inferior de los mismos, o viceversa.

5. Se formaron los intervalos agregando el valor de W al límite inferior de los datos, el cual fue el límite superior de la primera clase, que posteriormente se suma el valor de W para obtener el segundo intervalo de la siguiente clase, repitiendo el mismo proceso hasta completar el número de intervalos de clases obtenidos.
6. La marca de clase, se calculó sumando el límite superior e inferior de cada intervalo de clase y dividiéndolas entre dos, ya que la marca de clase es el valor central de cada intervalo de clase.
7. Se determinaron las frecuencias de cada clase.

6.5 Relaciones morfométricas

Con los datos obtenidos de ancho de caparazón (AC) y el peso total (PT) se determinó la relación entre estas dos medidas, las que se ajustaron a un modelo de tipo potencial a través de la siguiente ecuación (Pauly, 1983):

$$W = aAC^b$$

Donde:

W= Peso del organismo

AC= Ancho del caparazón

a= Factor de condición

b= Factor alométrico

Los factores tienen un significado biológico, “a” es el factor de condición o grado de robustez individual y “b” es un factor alométrico, es decir, el coeficiente de crecimiento relativo en concordancia con el ancho del caparazón (Safran, 1992).

6.6 Determinación de la fecundidad

Para este proceso la masa ovígera fue sumergida en agua de cloro al 5 % durante tres minutos; posteriormente fue drenada y enjuagada en una solución de tiosulfato de sodio al 5 % (Choy, 1985).

Para la estimación de la fecundidad se utilizó el método gravimétrico descrito por Bagenal (1978) y modificado por Escamilla-Montes (1998). Las hembras utilizadas para estimar la fecundidad fueron aquellas que portaran huevos en estado inicial e intermedio de desarrollo. Se tomó una muestra de 0.05 g de masa ovígera pesada (peso húmedo) en una balanza analítica digital con una precisión de ± 0.0001 gr. Para este trabajo los huevos de la muestra fueron colocados en una caja petri de 5.4 cm de diámetro con 2 ml de una mezcla de

etanol-glicerina v/v. Para el conteo de los huevos se utilizó una hoja milimétrica adaptada al fondo de la caja de petri.

Con un microscopio estereoscópico marca ZEISS modelo Primo star iled, equipada con una cámara digital Axioncam ERC 5S y resolución de color de 3x8 bit, se tomaron 20 fotos de cuadros de 5x5 mm al azar, adaptados al fondo de la muestra, y determinar los huevos contenidos en cada cuadro; el resultado se utilizó para determinar el número total de huevos contenidos en la muestra de 0.05 gr. Se realizaron tres repeticiones, de diferentes partes de la masa de huevos; interior, parte media y las orillas, por cada hembra, cuyo número promedio de huevos se extrapoló al peso total de la masa ovígera, para obtener la estimación de la fecundidad de cada organismo (Bagenal, 1978).

La fecundidad relativa se estimó como el número de huevos por gr de peso corporal de la hembra. Se obtuvieron las relaciones ancho del caparazón (AC)-fecundidad (Fp), ancho del caparazón-fecundidad relativa (Fr) y peso del organismo (PT)-fecundidad; los ajustes se hicieron mediante un modelo potencial de la forma: $Y = aX^b$ en donde los coeficientes de los modelos se obtuvieron mediante el método de mínimos cuadrados, juzgando la bondad de ajuste con base en el coeficiente de correlación así como el análisis de residuales de las relaciones propuestas (Battacharya, 1977).

6.7 Determinación del desarrollo embrionario

A Cada hembra se le extrajo en fresco una porción de la masa ovígera que fue lavada con agua y sacudida para remover los huevecillos. Posteriormente con una pipeta de 5 ml de capacidad los huevos se extrajeron y se colocaron en un porta objeto excavado. Mediante el microscopio estereoscópico marca ZEISS modelo Primo star iled, equipada con una cámara se capturaron imágenes clasificándolas en dos categorías, una de acuerdo al color de la masa ovígera y la otra en el grado de desarrollo del embrión estableciendo tres estados con los criterios utilizados por Lardies y Wehrtmann (1996); Estado I: huevo redondeado, vitelo uniforme y sin mancha ocular visible; Estado II: huevo ovoide, mancha ocular

alargada y escasamente visible; Estado III: huevo ovoide, ojos visibles bien desarrollados e intensamente pigmentados y abdomen libre.

A su vez en un microscopio óptico marca ZEISS modelo primo star, los huevos colocados en un portaobjeto se observó a detalle la formación del embrión con base a otros estudios (García-Guerrero y Hendrickx, 2004; Noorbaiduri y Ikhwanuddin, 2015; Sarker *et al.*, 2009 y 2012; Soundarapandian *et al.*, 2014)

6.8 Morfología de los huevos

Mediante el microscopio estereoscópico, equipado con la cámara digital, se tomaron fotos de los huevos. Con el software AxioVision Rel. 4.8, se calculó el diámetro mayor y menor de por lo menos 30 huevos por cada estado de desarrollo embrionario, y de cada especie. Para determinar el volumen de los huevos se utilizó la fórmula del volumen de un elipsoide utilizada por García-Guerrero y Hendrickx (2004) modificada para este estudio donde el r_3 se considera como el promedio de la suma de $r_1 + r_2$. La fórmula es la siguiente:

$$V \text{ Huevo} = \frac{4}{3} \pi * r_1 * r_2 * r_3$$

Donde, $\mu = 3.1416$

r_1 = es el radio mayor

r_2 = es el radio menor

r_3 = es el valor promedio de $r_1 + r_2$.

Los huevos que se utilizaron para calcular el volumen fueron aquellos que no tuvieran ningún daño debido a la manipulación de la muestra y que estuvieran en buen estado de conservación.

6.9 Diferenciación de hembras ovígeras

Se clasificaron en hembras viables y no viables según el aspecto de una masa ovígera normal o con alguna anomalía en el color y la textura, las cuales se

analizaron con un microscopio estereoscópico, y un microscopio óptico. Así también se identificaron las posibles causas de la masa ovígera alterada, por la infección de algún factor biológico externo (Lucas-Marcillo y Paladines, 2009; Okazaki y Wehrtmann, 2014).

VII. RESULTADOS

7.1 Identificación de especies

En el ciclo anual de los meses de mayo del 2015 hasta abril del 2016, se colectaron hembras ovígeras de dos especies del género *Callinectes*: *C. arcuatus* (*sp* 1) y *C. bellicosus* (*sp* 2). De las cuales se colectaron un total de 178 hembras ovígeras, en el caso de *C. arcuatus* (Figura 8) se obtuvieron 99 organismos, y para *C. bellicosus* (Figura 9) fue de 79 organismos. La primera especie representa el 56% y la segunda el 44% del total de los organismos colectados respectivamente.



Figura 8. Jaiba identificada como *Callinectes arcuatus*, en el sistema Lagunar Mar Muerto.

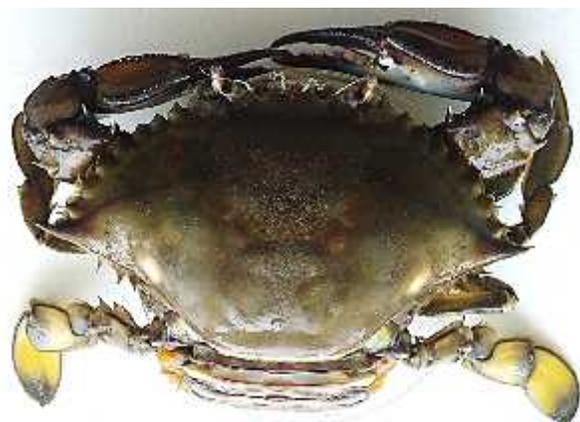


Figura 9. Jaiba identificada como *Callinectes bellicosus*, en el sistema Lagunar Mar Muerto.

7.2 Variables ambientales

Los registros de temperatura de fondo que se obtuvieron durante el periodo de muestreos arrojaron un promedio anual de 29.2 ± 2.6 °C, la temperatura mínima fue en el mes de enero de 2016 con 22 °C, la máxima para agosto de 2015 con 32.5 °C (Figura 10).

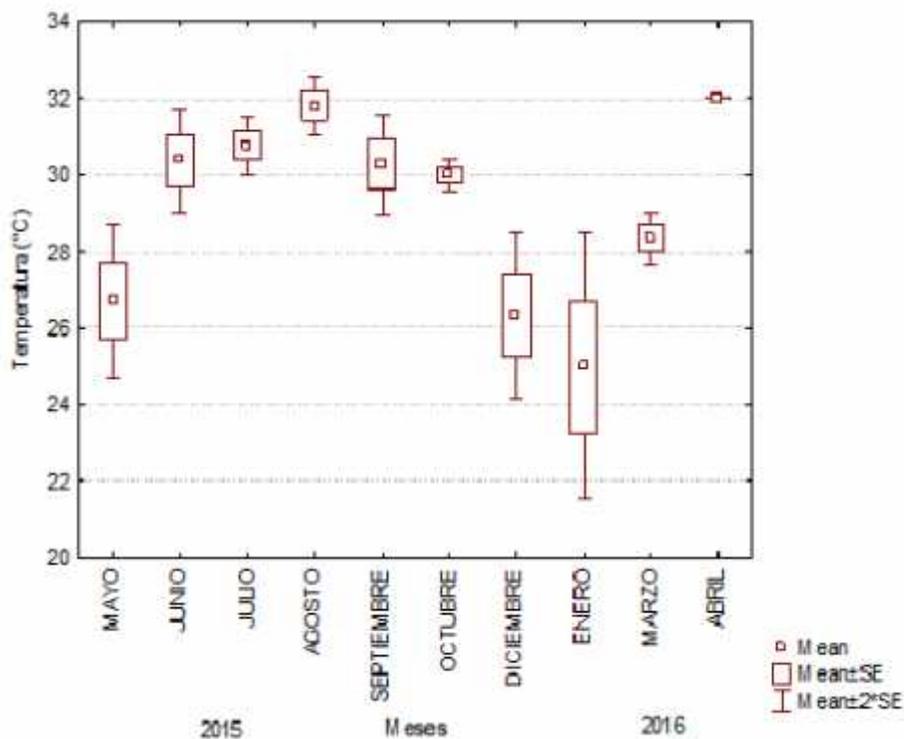


Figura 10. Temperatura de fondo en el periodo de mayo de 2015 a abril de 2016 en la Laguna Mar Muerto, Paredón, Chiapas.

El promedio para la salinidad fue de 35.22 ± 2.65 ups, el mínimo para el mes de julio y septiembre del 2015 y en enero del 2016 con 30 ups, el máximo se registró en los meses de marzo y abril 2016 con 40 ups (Figura 11).

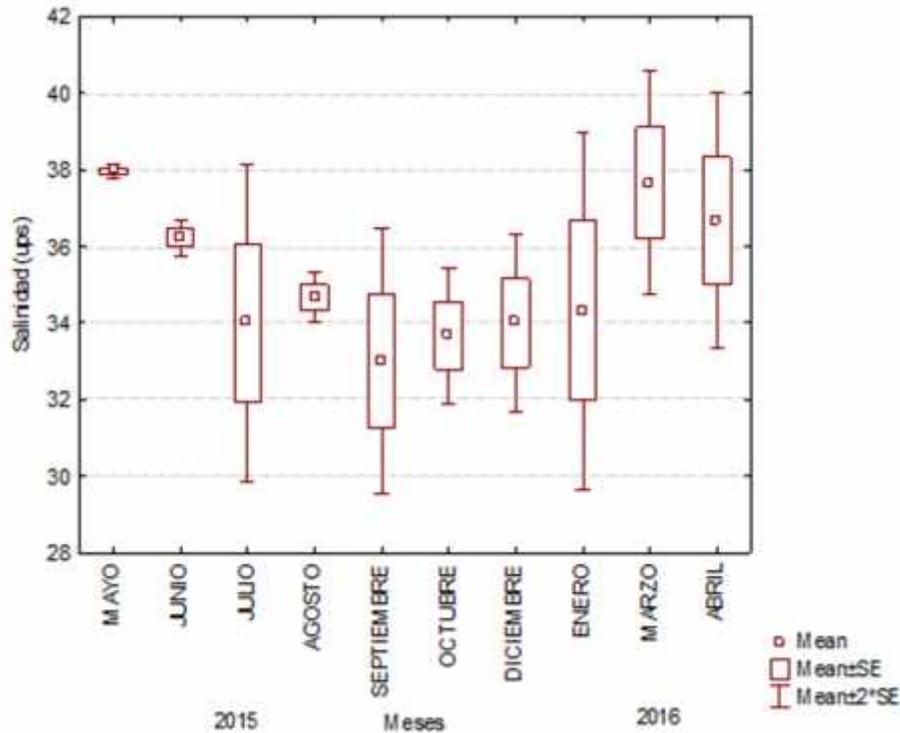


Figura 11. Salinidad en el periodo de mayo de 2015 a abril de 2016 en la Laguna Mar Muerto, Paredón, Chiapas.

Los resultados de las ANOVAS fueron las siguientes: Para la temperatura se registraron diferencias significativas $F(9,20) = 9.0998$, $p = 0.00002$ mientras que para la salinidad no se obtuvieron diferencias significativas $F(9,20) = 1.5627$, $p = 0.1938$.

7.2.1 Variables ambientales por estaciones de muestreos

Las variables ambientales registradas por estación de muestreo indicó que la temperatura mínima fue para la EA con 28.5 ± 3.18 °C, y la máxima para la EC con 29.77 ± 2.61 °C (Figura 12).

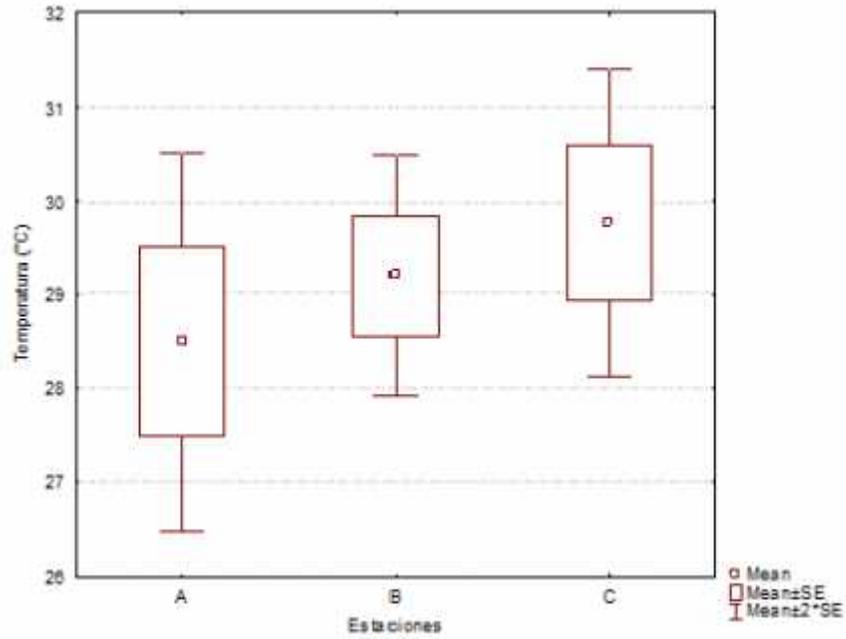


Figura 12. Temperatura de fondo de las estaciones A, B y C de mayo de 2015 a abril de 2016 en la Laguna Mar Muerto, Paredón, Chiapas.

Para la salinidad mostró un registro mínimo en la EB con 33.8 ± 2.57 ups y con un máximo de 37.18 ± 1.83 ups en la EA (Figura 13).

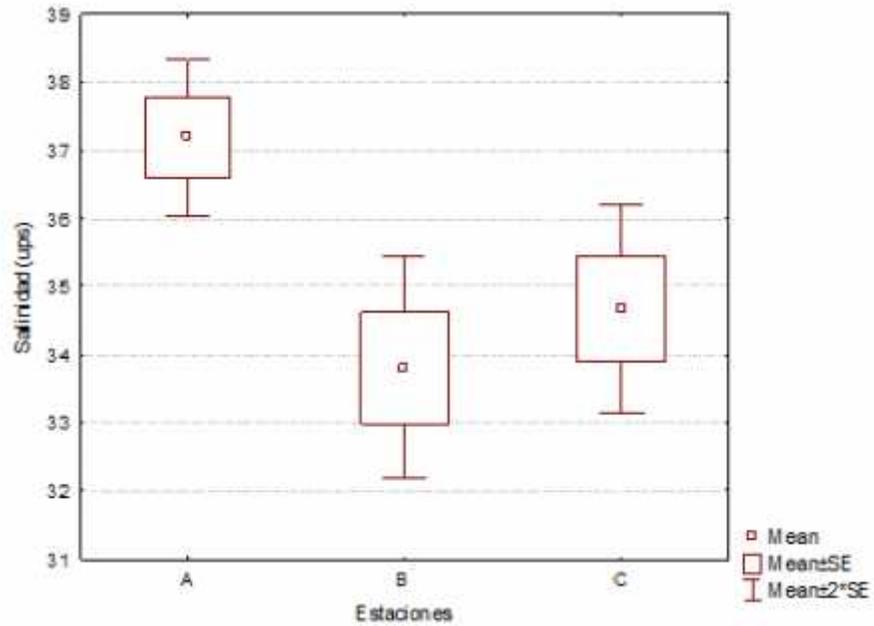


Figura 13. Salinidad de las estaciones A, B y C de mayo de 2015 a abril de 2016 en la Laguna Mar Muerto, Paredón, Chiapas.

El análisis de varianza se realizó para comparar si las variables ambientales tuvieron diferencias significativas entre las estaciones de muestreos, arrojando los resultados para la temperatura la cual no presentó una diferencia significativa $F(2,27) = 0.5754$, $p = 0.5692$ caso contrario para la salinidad que si se registró una diferencia significativa $F(2,27) = 5.8304$, $p = 0.0079$.

7.3 Estructura de tallas

Callinectes arcuatus

Las hembras grávidas de esta especie con un total de 79 organismos ($n=79$) registraron en una talla promedio de 89.08 ± 8.10 mm con valor mínimo de 69 mm y un máximo de 107 mm AC. El peso total de los organismos varió entre 28 y 97 gramos para un total de 64 organismos ($n=64$), de estos se obtuvo un valor promedio de 59.81 ± 17.27 g. por lo que el resto de los organismos se presentaron con varias extremidades ausentes, y no se tomaron en cuenta para promediar.

Las clases de tallas más representativas fueron de 86 a 96 mm AC para *C. arcuatus* durante todo el periodo de muestreo (Figura 14), en este caso la poca abundancia de hembras ovígeras capturadas con trampas, no permitió analizar la distribución de tallas por meses. De las hembras capturadas se obtuvieron 27 organismos en el mes de mayo, dos en junio, uno en agosto y cinco en diciembre, todas en el 2015. Aunque en la colecta a orilla de playa si se encontraron hembras ovígeras en todos los meses de muestreo. Pero en este caso el tipo de estudio se enfocó en encontrar tallas de hembras ovígera desde las más pequeñas hasta los ejemplares más grandes.

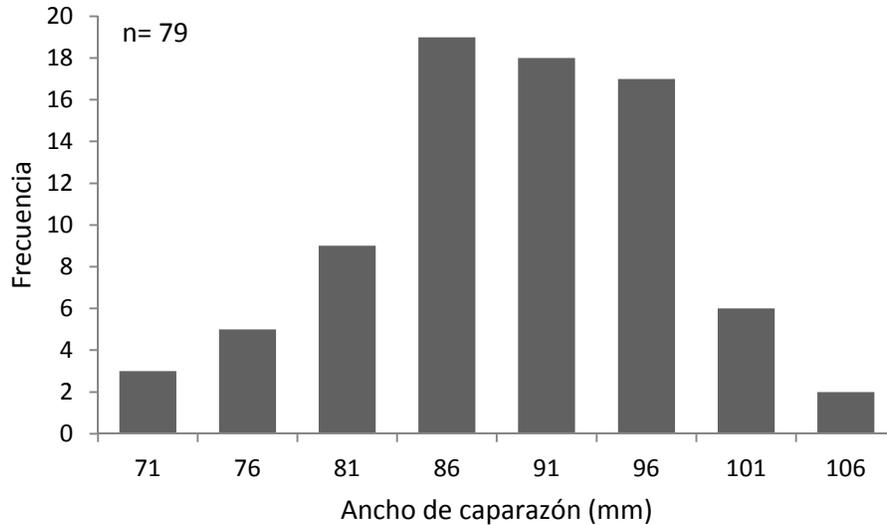


Figura 14. Frecuencia de clases de tallas para hembras ovígeras de *Callinectes arcuatus* en la Laguna Mar Muerto, Paredón, Chiapas.

Callinectes bellicosus

Las hembras grávidas de *C. bellicosus* (n=64) presentaron una talla promedio de 125.89 ± 7.42 mm con un valor mínimo de 109 y un máximo de 147 mm AC. El peso total de esta especie (n=64) vario entre 151 y 351 gramos con un valor promedio de 220.94 ± 43.79 g.

La clase de talla más representativa fue de 126 y 131 mm AC para *C. bellicosus* durante todo el periodo de muestreo (Figura 15), sin embargo, esta especie fue colectada a orilla de playa solo en los meses de octubre (2015), enero y abril (2016). Lo anterior, posiblemente por la poca abundancia y mayor demanda comercial de esta especie en los meses restantes, durante el periodo de muestreo que no se pudieron encontrar hembras ovígeras. En los muestreos con trampas, no fue posible capturar ningún ejemplar, por lo que tampoco se pudo analizar la distribución de tallas por meses.

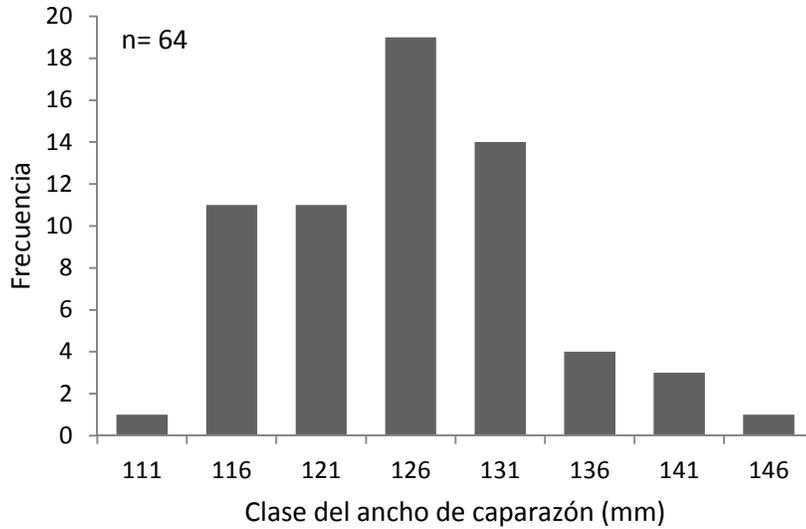


Figura 15. Frecuencia de clases de tallas para hembras ovígeras de *Callinectes bellicosus* en la Laguna Mar Muerto, Paredón, Chiapas.

7.4 Morfometría

La relación encontrada entre ancho de caparazón (AC) y peso total (PT) de *C. arcuatus*, se obtuvo la ecuación $PT = 1E-04AC^{2.9689}$, con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.8507$ (Figura 16). La misma relación para *C. bellicosus*, la ecuación determinada fue $PT = 5E-06AC^{3.6348}$, con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.8903$ (Figura 17).

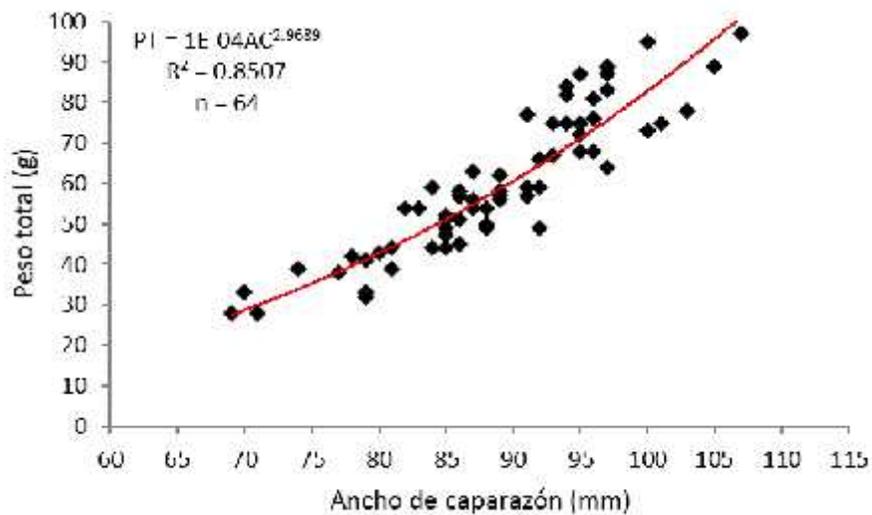


Figura 16. Relaciones morfométricas respecto al ancho de caparazón (AC) y peso total (PT) de hembras ovígeras de *Callinectes arcuatus*.

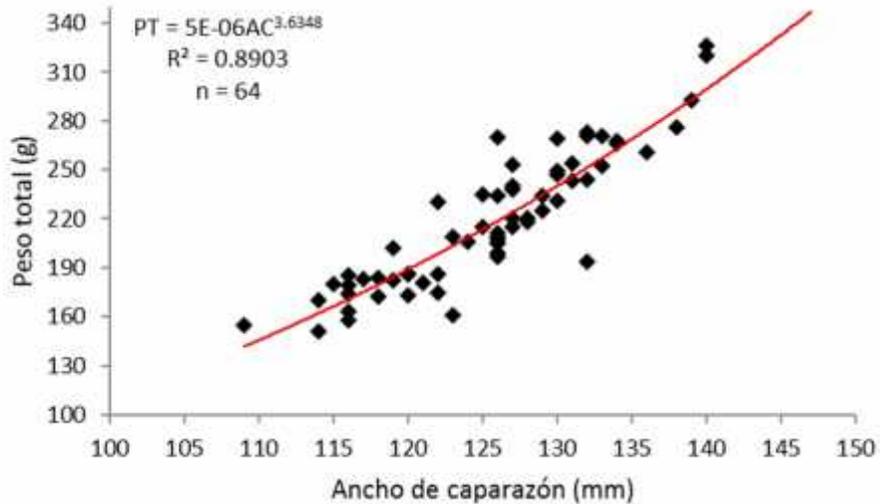


Figura 17. Relaciones morfométricas respecto al ancho de caparazón (AC) y peso total (PT) de hembras ovígeras de *Callinectes bellicosus*.

7.5 Fecundidad

Callinectes arcuatus

Del total de hembras ovígeras se estimó la fecundidad de 35 organismos. La fecundidad promedio fue de $1' 552, 959 \pm 699, 023$ huevos para hembras con una talla promedio de 88.5 ± 9.51 mm de ancho del caparazón. El número total de huevos estimados fue de 246, 480 para un organismo con ancho de caparazón de 70 mm y peso total de 33 g. hasta $3' 109, 440$ huevos en un organismo de 105 mm de ancho de caparazón y peso total de 89 g (Tabla II).

Estimando la fecundidad (Fp) mediante un modelo potencial, la ecuación obtenida en la relación AC-Fp fue $Fp = 2391.5AC^{1.5601}$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.6918$ y en la relación PT-Fp fue $Fp = 2391.5PT^{1.5601}$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.7663$.

Tabla II. Resultados detallados de ancho de caparazón (AC), peso total (PT), peso masa ovígera (PMO), cantidad de huevos en 0.05 g (NPH) y fecundidad parcial (Fp) de hembras ovígeras de *Callinectes arcuatus* en el Mar muerto, Paredón, Chiapas.

Individuo	Ancho de caparazón (mm)	Peso total (g)	PMO (g)	NPH	Fecundidad parcial
1	69	28	3	4,661	27,9660
2	70	33	3	4,108	246,480
3	71	28	4	7,110	568,800
4	74	39	5	6,715	671,500
5	78	42	10	6,557	1'311,400
6	80	43	8	7,110	1'137,600
7	81	39	4	5,846	467,680
8	82	54	11	5,530	1'216,600
9	83	54	12	5,767	1'384,080
10	84	44	8	7,979	1'276,640
11	84	59	12	6,715	1'611,600
12	85	51	11	6,478	1'425,160
13	85	44	6	5,451	654,120
14	86	58	13	8,769	2'279,940
15	86	57	10	6,715	1'343,000
16	87	56	13	5,372	1'396,720
17	87	54	13	5,925	1'540,500
18	89	56	9	5,688	1'023,840
19	89	58	12	7,031	1'687,440
20	91	77	16	5,767	1'845,440
21	91	57	11	5,451	1'199,220
22	92	49	8	8,769	1'403,040
23	92	66	13	6,952	1'807,520
24	93	75	15	6,399	1'919,700
25	94	75	14	8,058	2'256,240
26	94	84	17	7,189	2'444,260
27	95	75	15	6,557	1'967,100
28	95	87	20	7,584	3'033,600
29	96	81	16	5,530	1'769,600
30	97	87	18	5,767	2'076,120
31	100	95	17	5,530	1'880,200
32	101	75	13	7,426	1'930,760
33	103	78	13	6,083	1'581,580
34	105	89	24	6,478	3'109,440
35	107	97	25	5,214	2'607,000

Mediante el análisis de dispersión, se consideró que la fecundidad está relacionada potencialmente con el ancho de caparazón y el peso total del

organismo. El índice de correlación más alto se presentó en la relación de fecundidad contra peso total, con un valor de $r = 0.77$, y el valor más bajo se presentó en la relación fecundidad contra ancho de caparazón, con un valor de $r = 0.69$ (Figura 18 a y b).

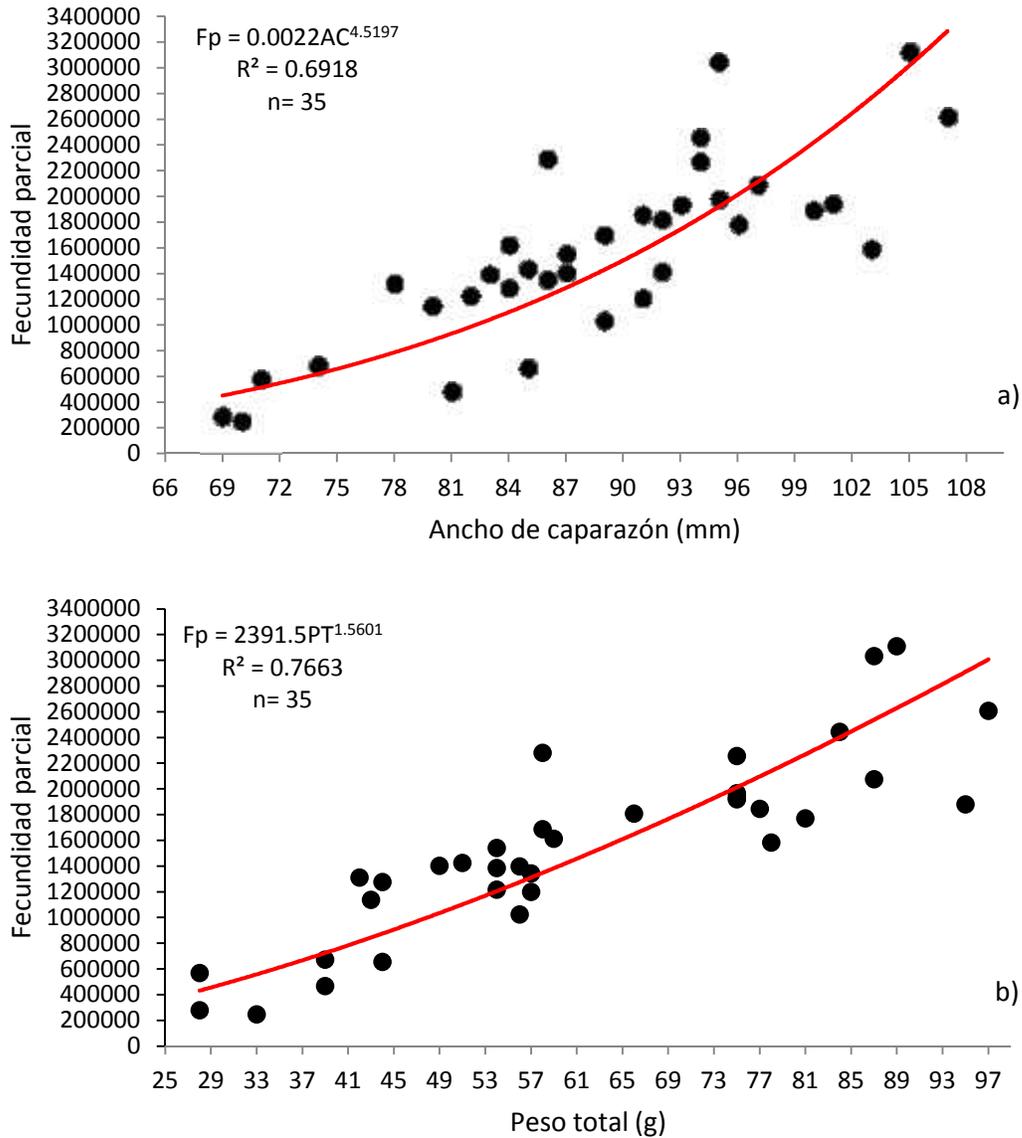


Figura 18. Relaciones de a) ancho de caparazón (AC) contra fecundidad parcial (Fp) y b) peso total (PT) contra fecundidad parcial (Fp) de hembras ovígeras de *Callinectes arcuatus* en el Mar muerto, Paredón, Chiapas. Se incluye el coeficiente de correlación (R^2) en cada caso.

La fecundidad relativa (Fr) promedio fue de $24,455 \pm 6,809$ huevos g^{-1} de peso corporal. Se estimó mediante un modelo tipo lineal $Fr = 319.07x - 3769$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.1987$ en la relación Fr-AC. Para la relación Fr-PT fue $Fr = 153.12x + 15075$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.1868$ (Figura 19 a y b).

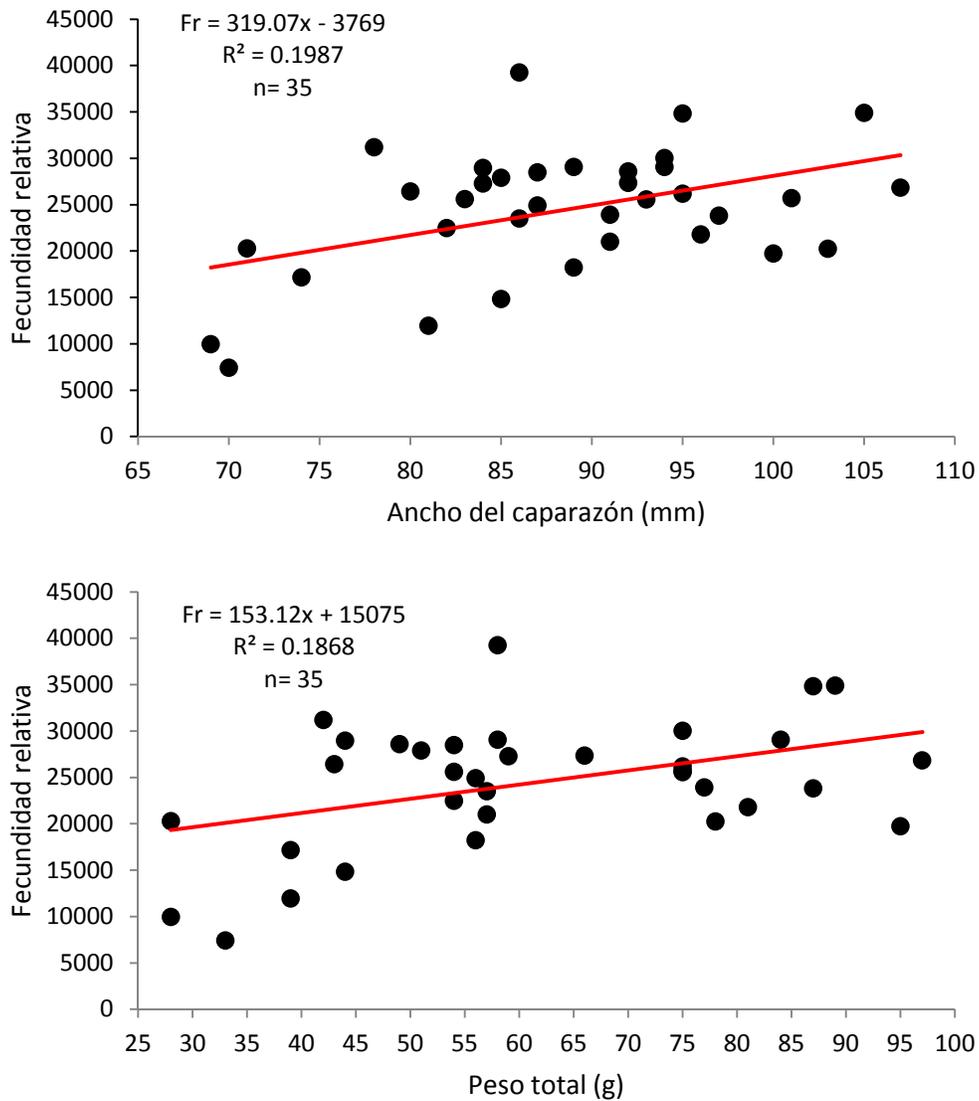


Figura 19. Relaciones de a) ancho de caparazón (x) contra fecundidad relativa (Fr) y b) peso total (x) contra fecundidad relativa (Fr) de hembras ovígeras de *Callinectes arcuatus* en el Mar muerto, Paredón, Chiapas. Se incluye el coeficiente de correlación (R^2) en cada caso.

En el análisis de dispersión de la fecundidad relativa con el ancho del caparazón y el peso total del organismo no se presentaron relaciones significativas, debido a que los índices de correlación son muy bajos.

Callinectes bellicosus

Del total de hembras ovígeras se estimó la fecundidad de 30 organismos de *C. bellicosus*. La fecundidad promedio fue de 4' 804, 675 ± 1' 233, 751 huevos para hembras con una talla promedio de 126.4 ± 8.9 mm de ancho del caparazón. El número total de huevos estimados fue de 2' 919, 840 para un organismo con ancho de caparazón de 116 mm y peso total de 179 g. hasta 7' 678, 800 huevos en un organismo de 140 mm de ancho de caparazón y peso total de 326 g (Tabla III).

Estimando la fecundidad (Fp) mediante un modelo potencial, la ecuación obtenida en la relación AC-Fp fue $Fp = 15.524AC^{2.6072}$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.4916$ y en la relación PT-Fp fue $Fp = 26663PT^{0.9533}$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.6865$.

Tabla III. Resultados detallados de ancho de caparazón (AC), peso total (PT), peso masa ovígera (PMO), cantidad de huevos en 0.05 g (NPH) y fecundidad parcial (fp) de hembras ovígeras de *Callinectes bellicosus* en el Mar muerto, Paredón, Chiapas.

Individuo	Ancho de caparazón (mm)	Peso total (g)	PMO (g)	NPH	Fecundidad parcial
1	109	155	41	4,661	3'822,020
2	114	170	41	3,634	2'979,880
3	116	179	33	4,424	2'919,840
4	116	158	32	4,977	3'284,820
5	116	163	30	5,293	3'175,800
6	118	184	38	4,424	3'362,240
7	119	182	42	4,819	4'047,960
8	119	202	55	4,582	5'040,200
9	120	186	49	5,056	4'954,880
10	122	230	49	4,819	4'722,620
11	123	161	31	5,214	3'232,680
12	123	209	56	4,582	5'131,840
13	124	206	42	5,056	4'247,040
14	125	235	44	5,925	5'214,000
15	126	270	68	4,740	6'446,400
16	126	211	32	6,320	4'044,800
17	127	253	80	4,187	6'699,200
18	127	238	36	5,925	4'266,000
19	129	234	58	4,740	5'498,400
20	130	269	71	4,582	6'506,440
21	130	231	53	4,187	4'438,220
22	131	243	38	5,451	4'142,760
23	132	271	65	4,740	6'162,000
24	133	252	43	6,083	5'231,380
25	134	266	51	4,424	4'512,480
26	136	261	48	5,451	5'232,960
27	139	293	60	4,424	5'308,800
28	140	326	81	4,740	7'678,800
29	140	320	71	3,634	5'160,280
30	147	351	65	5,135	6'675,500

Mediante el análisis de dispersión, se consideró que la fecundidad está relacionada potencialmente con el peso total del organismo, a diferencia con el ancho de caparazón la cual obtuvo un valor muy bajo pero que sigue siendo significativa. El índice de correlación más alto, se presentó en la relación de

fecundidad contra peso total con un valor de $r = 0.69$ y el valor más bajo se presentó en la relación fecundidad contra ancho de caparazón con un valor de $r = 0.49$ (Figura 20 a y b).

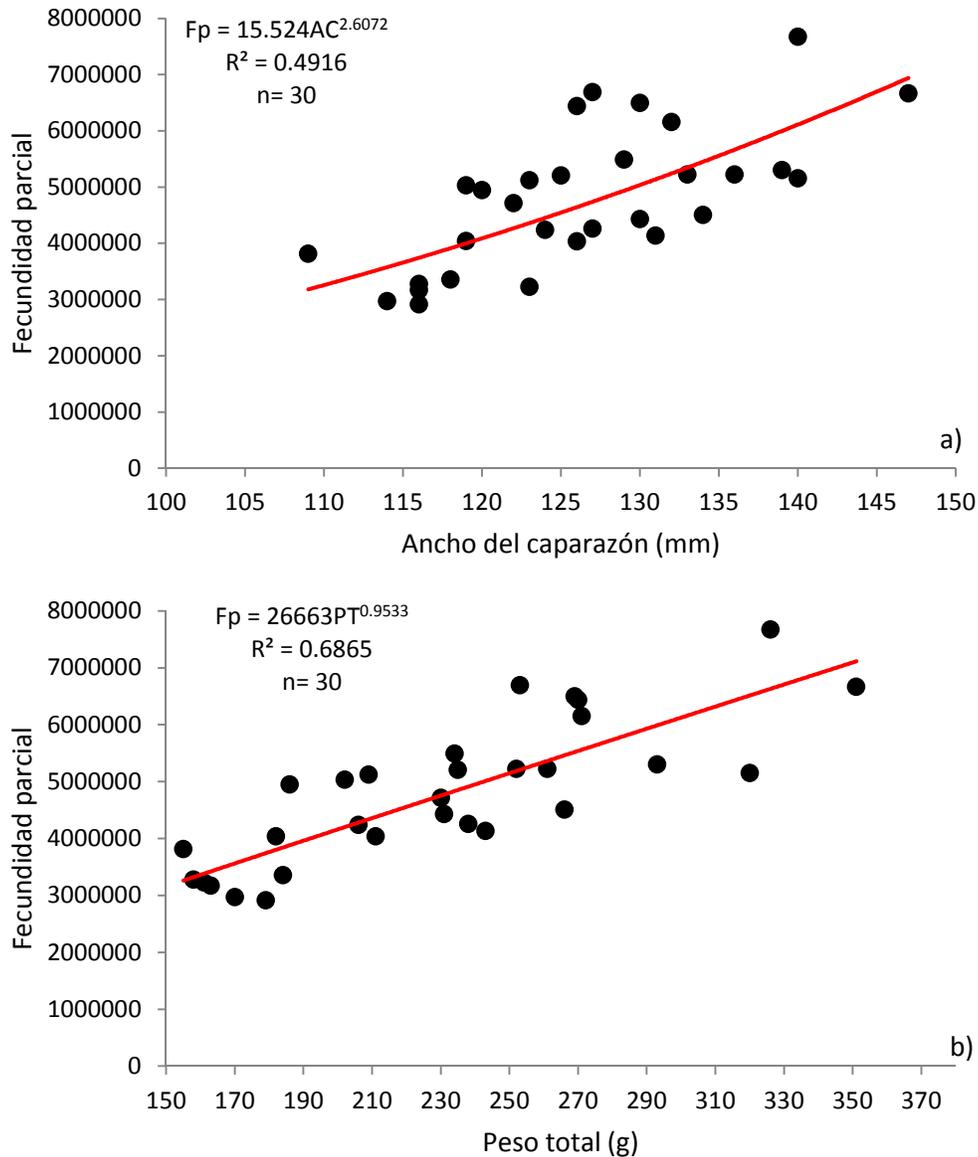


Figura 20. Relaciones de a) ancho de caparazón (AC) contra fecundidad parcial (Fp) y b) peso total (PT) contra fecundidad parcial (Fp) de hembras ovígeras de *Callinectes bellicosus* en el Mar muerto, Paredón, Chiapas. Se incluye el coeficiente de correlación (R^2) en cada caso.

La fecundidad relativa (Fr) promedio fue de $20,919 \pm 3,053$ huevos g^{-1} de peso corporal. Se estimó mediante un modelo tipo lineal $Fr = -69.658x + 29721$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.041$ en la relación Fr-AC. Para la relación Fr-PT fue $Fr = -4.9277x + 22054$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.0071$ (Figura 21 a y b).

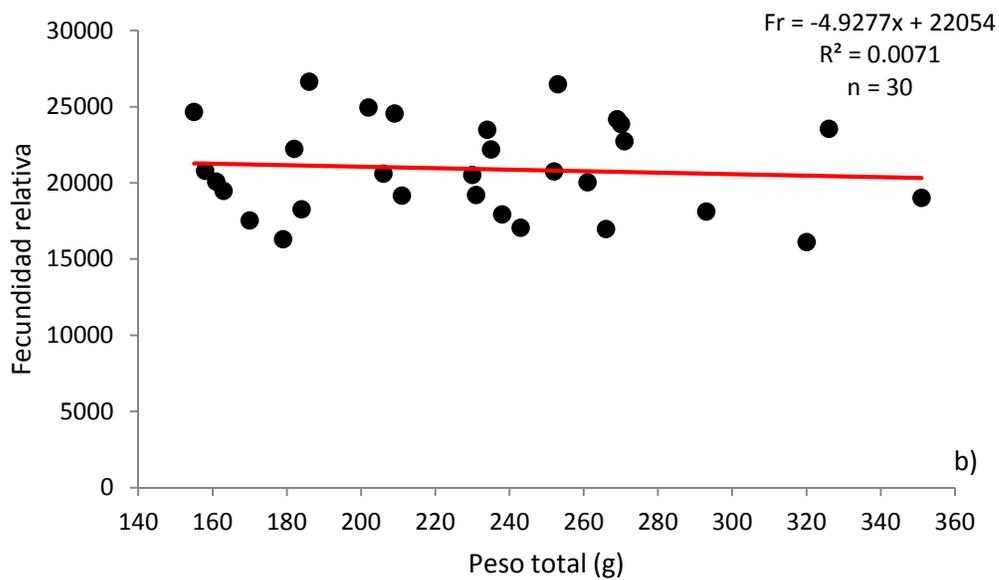
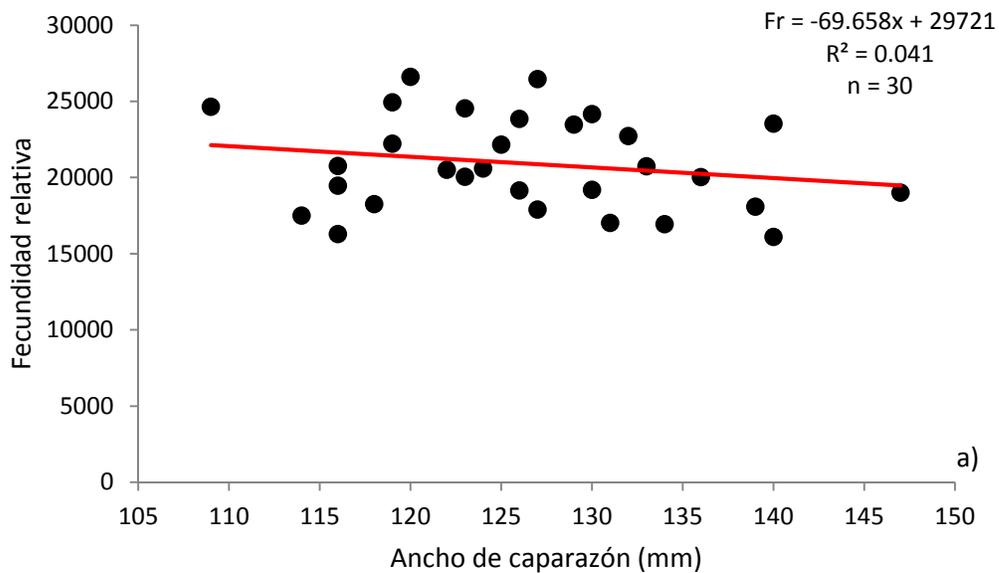


Figura 21. Relaciones de a) ancho de caparazón (x) contra fecundidad relativa (Fr) y b) peso total (x) contra fecundidad relativa (Fr) de hembras ovígeras de *Callinectes bellicosus* en el Mar muerto, Paredón, Chiapas. Se incluye el coeficiente de correlación (R^2) en cada caso.

En el análisis de dispersión de la fecundidad relativa con el ancho del caparazón y el peso total del organismo no se presentaron relaciones significativas debido a que los índices de correlación son muy bajos.

7.6 Morfología de los huevos

Se llevó a cabo las mediciones de un total de 250 huevos, tomando en cuenta el diámetro mayor y menor, para calcular el volumen clasificándolas en tres Estados de desarrollo embrionario basados en el color y desarrollo del embrión: Estado 1 (estado inicial), Estado 2, (estado intermedio) y Estado 3 (estado avanzado o apunto de eclosionar). Se observó, que la mayoría de los huevos eran casi esféricos en ambas especies en los diferentes Estados de desarrollo.

Callinectes arcuatus

La masa de huevos (masa ovígera) en el Estado inicial, se presentó en los colores amarillo y naranja. El Estado intermedio de colores marrón y café claro. Para el Estado avanzado de colores café oscuro a negro (Figura 22). En las mediciones de los huevos, se utilizaron 14 organismos, de las cuales se midieron el diámetro mayor y menor de 50 huevos que estaban en el E1, 30 huevos en el E2 y 60 huevos en el E3.

La diferencia más notoria en el incremento del volumen, se presentó entre el Estado 1 y Estado 2 con un valor de 36.5% en el aumento del volumen promedio. El aumento es menor con un 9.1% del Estado 2 al Estado 3 (Tabla IV).

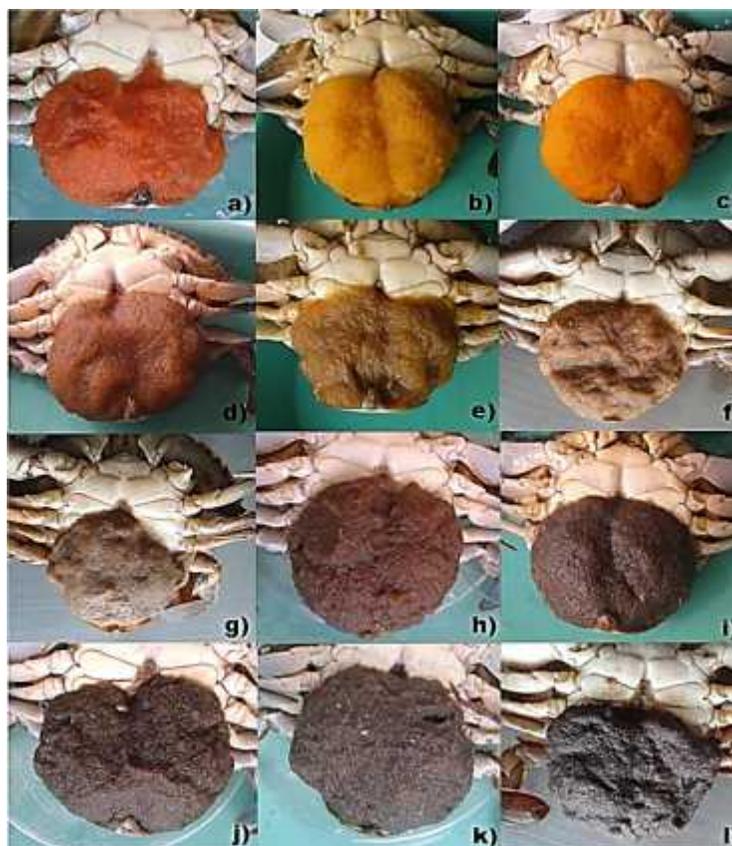


Figura 22. Estados de desarrollo embrionario según el color de la masa ovígera: Estado inicial (a-c), Estado intermedio (d-g) y Estado avanzado (h-l) de *Callinectes arcuatus* en la Laguna Mar muerto, Paredón, Chiapas.

Callinectes bellicosus

La masa de huevos (masa ovígera) en el Estado inicial, se presentó en colores amarillo y naranja. El Estado intermedio de colores marrón y café claro. Para el Estado avanzado de colores café oscuro que luego toma una tonalidad gris y finalizando en color negro (Figura 23). En las mediciones de los huevos, se utilizaron 11 organismos, de las cuales se midieron el diámetro mayor y menor de 30 huevos que estaban en el E1, 50 huevos en el E2 y 30 huevos en el E3.

La diferencia más marcada en el incremento del volumen, se presentó entre el Estado 1 y Estado 2 con un valor de 45% en el aumento del volumen promedio. El aumento es menor con 0.57% del Estado 2 al Estado 3 (Tabla IV).

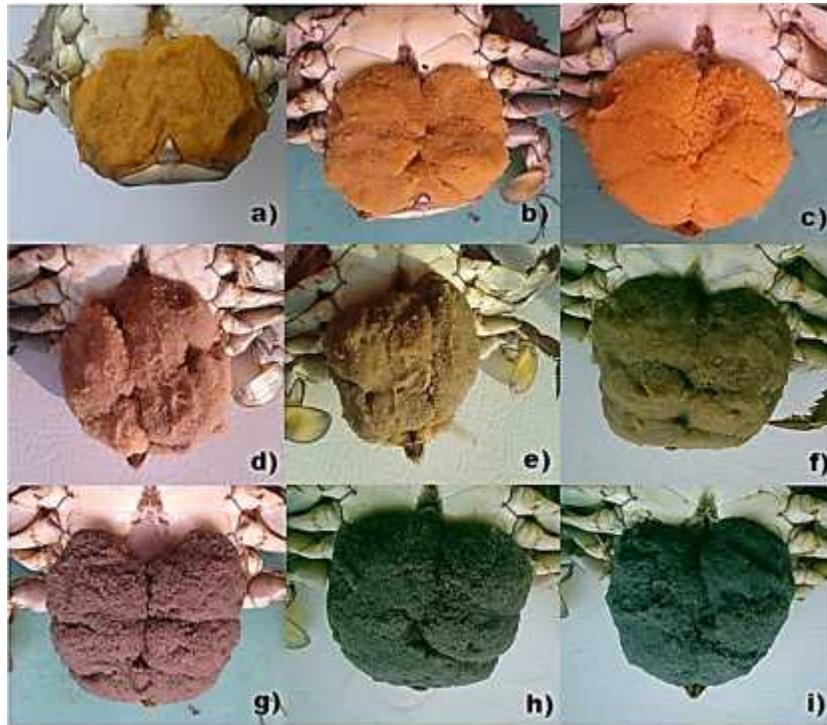


Figura 23. Estados de desarrollo embrionario según el color de la masa ovígera: Estado inicial (a-c), Estado intermedio (d-e) y Estado avanzado (f-i) de *Callinectes bellicosus* en la Laguna Mar muerto, Paredón, Chiapas.

Tabla IV. Diámetro, Desviación estándar (\pm std), volumen promedio y aumento del volumen de los huevos durante el desarrollo embrionario de *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus*.

Estado	Callinectes arcuatus			Callinectes bellicosus		
	Diámetro (μm)	Volumen ($\mu\text{m}^3 \times 10^5$)	Aumento del volumen (%)	Diámetro (μm)	Volumen ($\mu\text{m}^3 \times 10^5$)	Aumento del volumen (%)
1	242 \pm 15.8	74.76	-	276 \pm 10.7	111.64	-
2	269 \pm 6.4	102.04	36.5	313 \pm 6.1	161.69	45
3	276 \pm 6.9	111.35	9.1	325 \pm 3.3	162.60	0.57

7.7 Desarrollo embrionario

Callinectes arcuatus

Se obtuvieron todas las hembras de esta especie que presentaron la masa ovígera en buen estado, un total de 93 organismos saludables. Respecto a su desarrollo embrionario la mayoría portaban huevos en el Estado inicial, que representa el 59% (55 organismos) de todas las hembras sin ninguna alteración en la masa de huevos, el 25% (23 organismos) de hembras con huevos en Estado intermedio y la más baja fue de hembras que portaban huevos en Estado avanzado con una incidencia del 16% (15 organismos).

Estado 1 (inicial): Los huevos se encuentran completamente ocupados por gotas de lípidos o yema (y) que se observan de color naranja o amarillo (Fig.24 a). Posteriormente se empieza a observar una pequeña parte libre de yema donde aparecen partes del tejido del embrión, pero que aún no se distinguen bien estas estructuras primordiales (ep) (Fig.24 b). Cuando la parte libre aumenta son más evidentes las estructuras primordiales en la región latero-ventral donde se distinguen cuatro estructuras; (po) ocular, antena-anténula (aa), maxilípedos (mx) y torácico abdominal (ta) (Fig.24 c y d). Los apéndices se han desarrollado y ahora se presentan cinco estructuras el cual es visible el nuevo apéndice maxila-maxilula (mm) (Fig.24 e). Cuando la cobertura de yema ha disminuido más de la mitad en el interior del huevo el tejido de las estructuras es transparente y las estructuras son más complejas, la parte del abdomen está mejor definida y alargada, el cefalotórax (ct) puede ser evidente (Fig.24 f).

Estado 2 (intermedio): Es apenas visible una línea de color rojo siendo esta la formación del ojo (o), el abdomen (ab) sigue alargándose junto con los apéndices de la parte ventral y el consumo de la yema es evidente (Fig.24 g). El ojo en desarrollo aumenta de tamaño adquiriendo la forma de una media luna, el consumo de la yema deja al descubierto el cefalotórax (Fig.24 h). Luego se empiezan a formar los canales digestivos (cd) primordiales visibles en la parte latero-ventral, el maxila-maxilula se encuentran en la parte anterior del embrión y tienen rasgos de pigmentación, la mancha ocular o retina (r) es de color negro de

una forma triangular (Fig.24 i). Los ojos aumentaron de tamaño, el canal digestivo se pigmenta cada vez más, las setas plumosas eran visibles como pequeños pelos en las extremidades de los maxilípedos (Fig.24 j). Luego los cromatóforos (cr) empiezan aparecer de color negro en la parte del abdomen, antena (an), mandíbula (ma) y cefalotórax (Fig.24 k y l).

Estado 3 (avanzado o apunto de eclosionar): La cobertura de yema se ha reducido quedando solo reservas en la parte del cefalotórax del embrión, los ojos se han desarrollado aumentando de tamaño, en el abdomen se puede observar que hay segmentación (sa) (Fig.24 m y n). La pigmentación de los ojos es más intensa y se ha diferenciado en retina y cornea (c) completando el desarrollo ocular. Las reservas de yema solo quedan residuos detrás de los lóbulos oculares, en los tubos digestivos (tb) se observa un aumento en la pigmentación y grosor de estos. La antena (an) y mandíbula (ma) está mejor definida, la parte abdominal se ha diferenciado entre telson y abdomen, en la primera estructura respectivamente había presencia de setas plumosas. El embrión ocupa todo el espacio en el interior del huevo donde se ve con mayor claridad el abdomen plegado hacia el cefalotórax. En este momento los embriones están a punto de eclosionar (Fig.24 o y p).

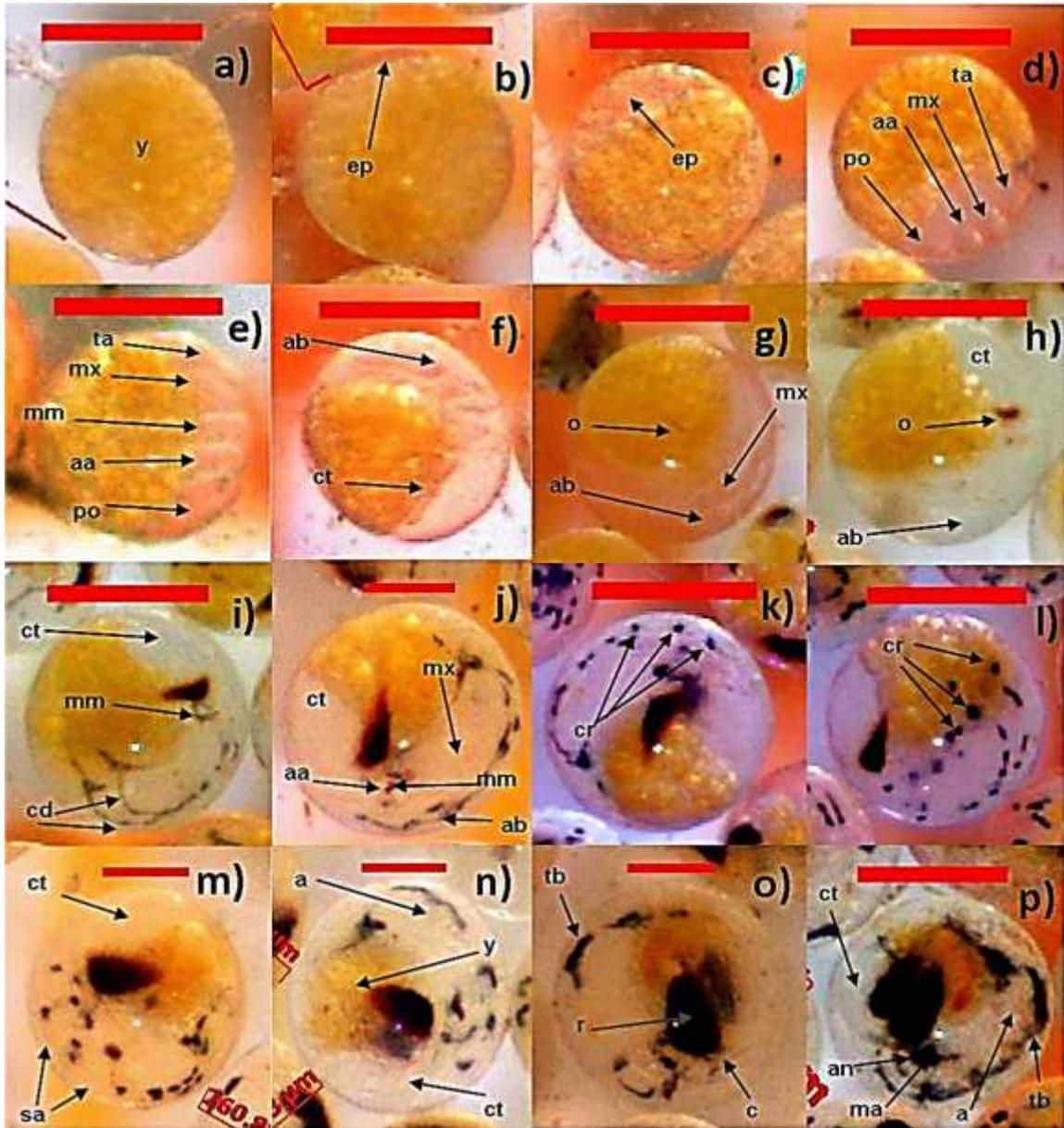


Figura 24. Estados de desarrollo embrionario de *Callinectes arcuatus*. Barra roja de escala = 100 μ m. Estado 1 (a-f); yema (y), estructuras primordiales (ep), papila óptica (po), antena-anténula (aa), maxilípedos (mx), apéndice torácico-abdominal (ta), maxila-maxilula (mm), cefalotórax (ct), abdomen (ab). Estado 2 (g-l); ojos (o), canales digestivos primordiales (cd), cromatóforos (cr). Estado 3 (m-p); segmentación abdominal (sa), tubos digestivos (tb), cornea (c), retina (r), mandíbula (ma), antena (an).

Mediante un microscopio se pudo distinguir a detalle tres estructuras en el proceso del desarrollo temprano del embrión; la papila óptica (po), apéndice cefálico (ac) y torácico abdominal (ta) (Fig.25).

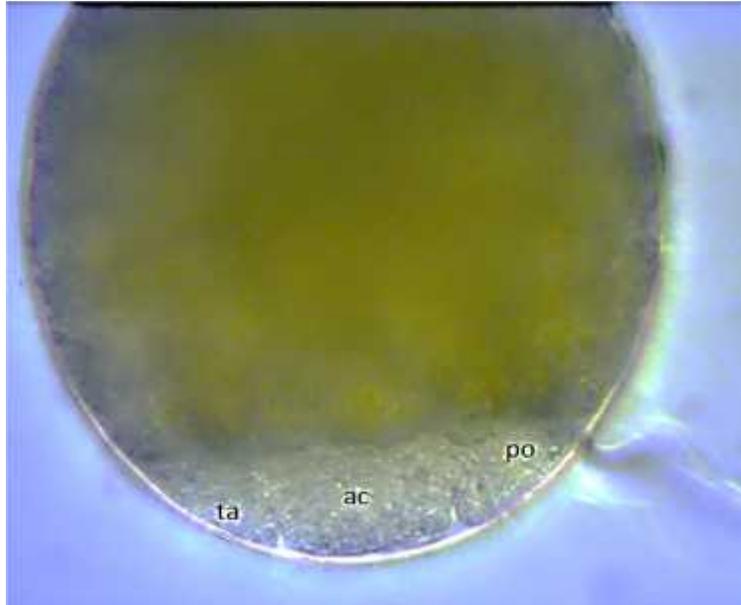


Figura 25. Embrión de *Callinectes arcuatus* en el Estado 1, y la aparición de las estructuras primordiales; papila óptica (po), apéndice cefálico (ac) y torácico abdominal (ta).

Callinectes bellicosus

Del total de las hembras de esta especie con la masa ovígera saludable fue de 72 organismos, en su mayoría portaban huevos que estaban en Estado inicial, la cual representa el 63% (45 organismos), el 28% (20 organismos) de hembras con huevos en Estado intermedio y la más baja fue de hembras que portaban huevos en Estado avanzado con una incidencia del 10% (7 organismos).

Estado 1 (inicial): Se pudo observar que inicialmente estaba en estado blástula avanzado o división celular, donde no se aprecia claramente la cantidad de células presentes (Fig. 26 a). Posteriormente, los huevos se encuentran completamente ocupado por gotas de lípidos o yema (y) que se observan de color naranja o amarillo (Fig.26 b). Posteriormente, se empieza a observar una pequeña parte libre de yema donde aparecen partes del tejido del embrión pero que aún no se distinguen bien estas estructuras primordiales (ep) (Fig.26 c). Las estructuras primordiales: papila óptica (po), apéndice cefálico (ac) y torácico abdominal (ta), así como estructuras diferenciadas en antena-anténula (aa), maxila-maxílula (mm) y maxilípedos (mx), no pudieron ser visibles para esta especie. Cuando la cobertura de la yema ha disminuido, son más evidentes las estructuras

primordiales en la región latero-ventral, donde se distinguen la parte del cefalotórax (ct), maxilípedos (mx) y torácico abdominal (ta) (Fig.26 d).

Estado 2 (intermedio): Empieza la formación de los ojos (o) como una pequeña mancha roja en la región del cefalotórax, toma la forma de una línea la cual se hace más larga mientras el cefalotórax empieza hacerse más visible junto con la parte abdominal (ab) (Fig.26 e-g). Los ojos se han tornado de color negro en forma de un triángulo y cuando la cobertura de la yema ha disminuido más de la mitad en el interior del huevo el tejido del embrión es transparente; el ojo ha emigrado en la parte anterior del embrión, el cefalotórax, maxilípedos, abdomen son más complejos (Fig.26 h). Luego es apenas visible la formación de los canales digestivos (cd) primordiales de color negro en la parte latero-ventral, enseguida la pigmentación de los canales digestivos es más intensa hasta que es visible en toda la parte abdominal y parte del cefalotórax, donde la antena-anténula y maxila-maxilula también se encuentra con rasgos de pigmentación en la parte anterior del embrión, el ojo sigue en desarrollo y aumenta de tamaño (Fig.26 i-k).

Estado 3 (avanzado o apunto de eclosionar): El ojo cada vez se hace más complejo aumenta de tamaño adquiriendo la forma más o menos de un rectángulo alargado con esquinas redondeadas, los cromatóforos (cr) de color negro por primera vez son visibles en la parte abdominal y maxilípedos (Fig.26 l). El sistema digestivo también se vuelve más complejo con los tubos digestivos más pigmentados y de mayor grosor (Fig.26 m). La aparición de setas plumosas no se pudo observar en esta especie. Posteriormente los ojos siguen aumentando de tamaño, los tubos digestivos ahora casi no son visibles por el tejido del embrión que opaca esta estructura, los cromatóforos aumentan de tamaño presentes en este momento en la parte del cefalotórax, los segmentos abdominales (sa), maxilípedos, antena y mandíbula (Fig.26 n y o). Después la pigmentación de los ojos es más intensa y se ha diferenciado en retina (r) y cornea (c) completando el desarrollo ocular, solo queda pequeños restos de yema detrás de los lóbulos oculares, la mandíbula está mejor definida, mientras el embrión ocupa el total del espacio del huevo y la parte abdominal plegada hacia el cefalotórax (Fig.26 p y q).

En este Estado la diferenciación entre el abdomen y el telson no pudo ser visible para esta especie, y en este momento los embriones están a punto de eclosionar.

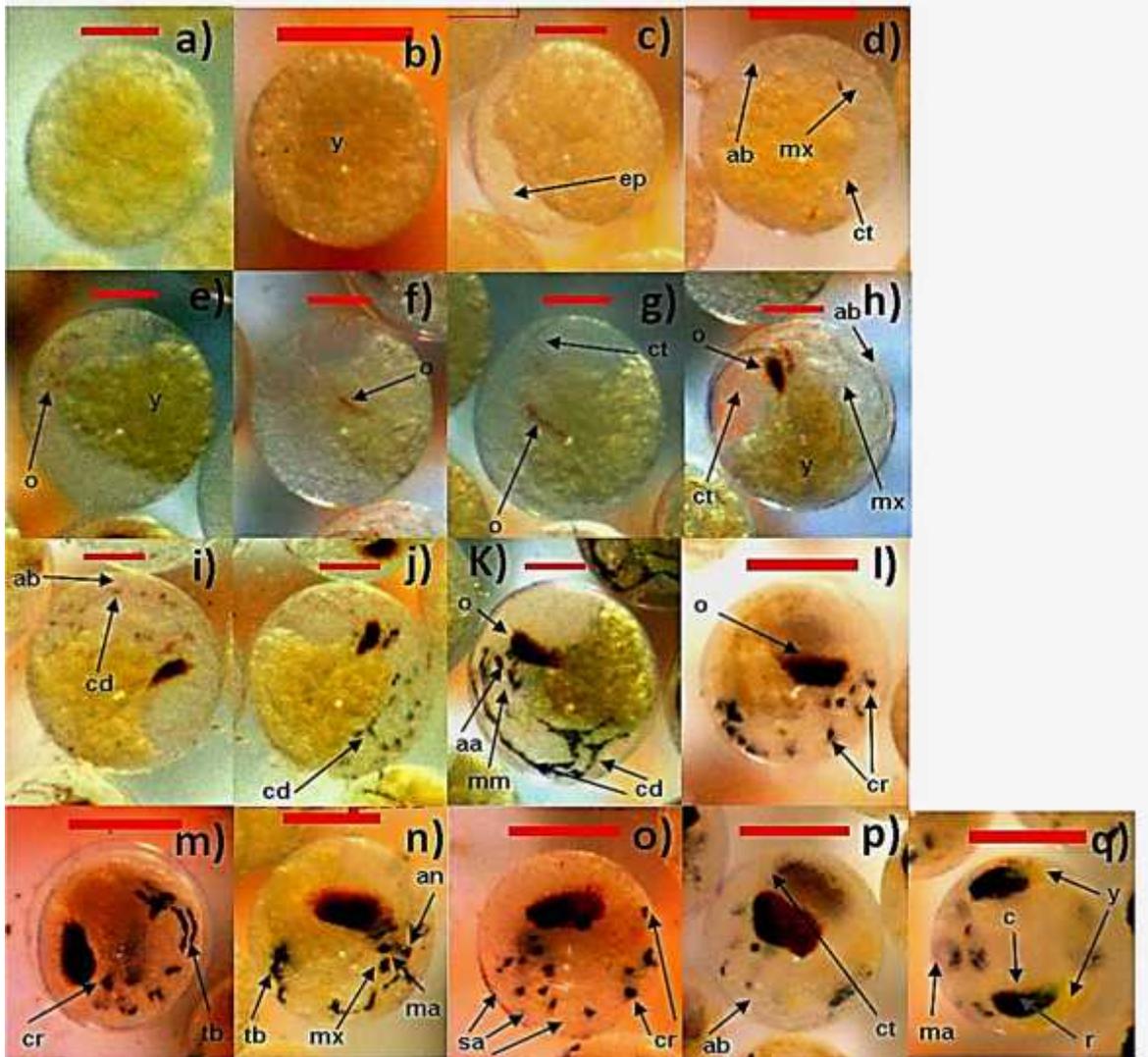


Figura 26. Estados de desarrollo embrionario de *Callinectes bellicosus*. Barra roja de escala = 100 μ m. Estado 1 (a-d); yema (y), estructuras primordiales (ep), maxilípedos (mx), cefalotórax (ct), abdomen (ab). Estado 2 (e-k); ojos (o), canales digestivos primordiales (cd), antena-anténula (aa), maxila-maxílula (mm). Estado 3 (m-p); cromatóforos (cr), segmentación abdominal (sa), tubos digestivos (tb), cornea (c), retina (r), mandíbula (ma), antena (an).

7.8 Hembras ovígeras

7.8.1 Hembras viables

Se consideraron todas las hembras que portaran la masa ovígera con un color uniforme naranja (Fig. 27 a y b), naranja oscuro y a veces amarillo (Fig. 28 a y b), esta última, debe su coloración a que contiene menor concentración de lípidos en comparación con las de color naranja las cuales tienen mayor concentración de este compuesto, y no se debe al consumo de los embriones para su desarrollo, por lo que no había ningún indicio de desarrollo en los diferentes colores. La coloración uniforme en la masa de huevos, indica que hay un desarrollo ontogénico homogéneo en el desarrollo embrionario desde el Estado inicial hasta llegar al Estado final (Fig. 29 a y b) de desarrollo, donde podrá haber una eclosión simultanea homogénea de los huevos. Además, de que los huevos estén libres de parásitos, o algún otro agente biológico externo (bacterias u hongos).

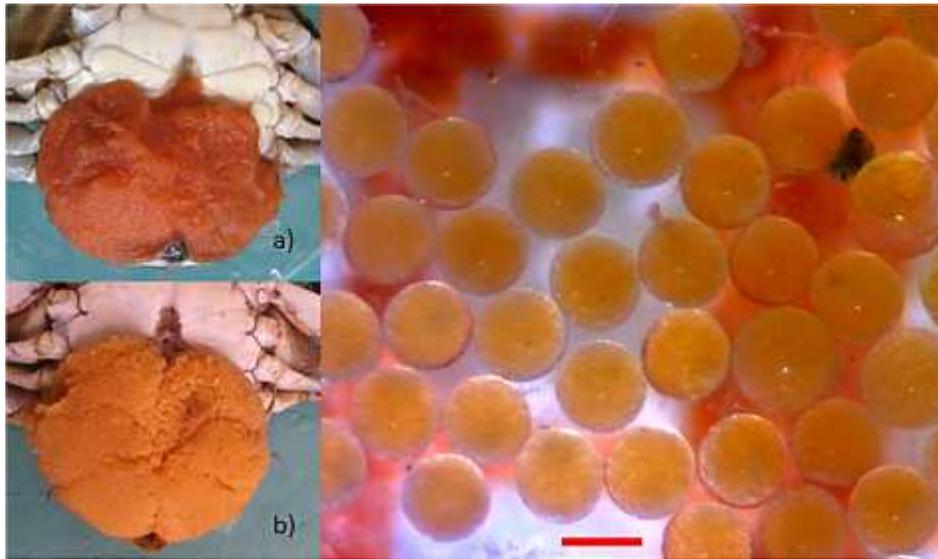


Figura 27. Hembras viables con base al color de la masa ovígera de *Callinectes arcuatus* a) y *Callinectes bellicosus* b) con un buen desarrollo embrionario ontogénico en su Estado inicial. Barra roja de escala = 100 μm .

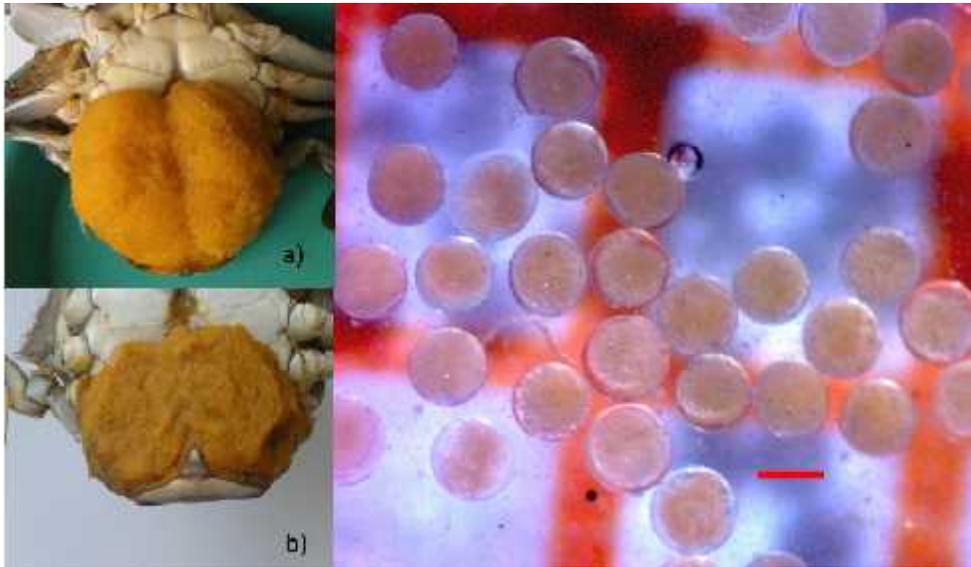


Figura 28. Hembras viables con base al color de la masa ovígera de *Callinectes arcuatus* a) y *Callinectes bellicosus* b) con un buen desarrollo embrionario ontogénico en su Estado inicial. Barra roja de escala = 100 μm .

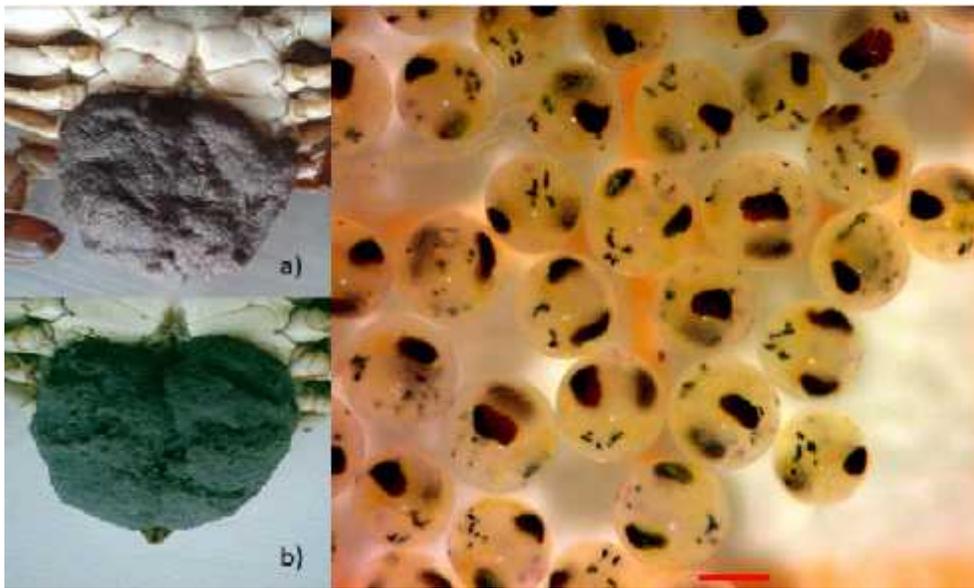


Figura 29. Hembras viables con base al color de la masa ovígera de *Callinectes arcuatus* a) y *Callinectes bellicosus* b) con un buen desarrollo embrionario ontogénico en su Estado final. Barra roja de escala = 100 μm .

7.8.2 Hembras no viables

Se consideraron todas las hembras que portaran; masas ovígeras contaminadas por parásitos, bacterias, deterioro del vitelo o lípidos, parches negruzcos o distinta coloración en la misma masa de huevos y que presentaran una textura gelatinosa, detectados en el presente estudio.

Las masas ovígeras alteradas con presencias de parches negruzcos (Figura 30) se generan por estar mucho tiempo en un ambiente seco después de la captura o por el estrés que ocasiona la degradación de lípidos.

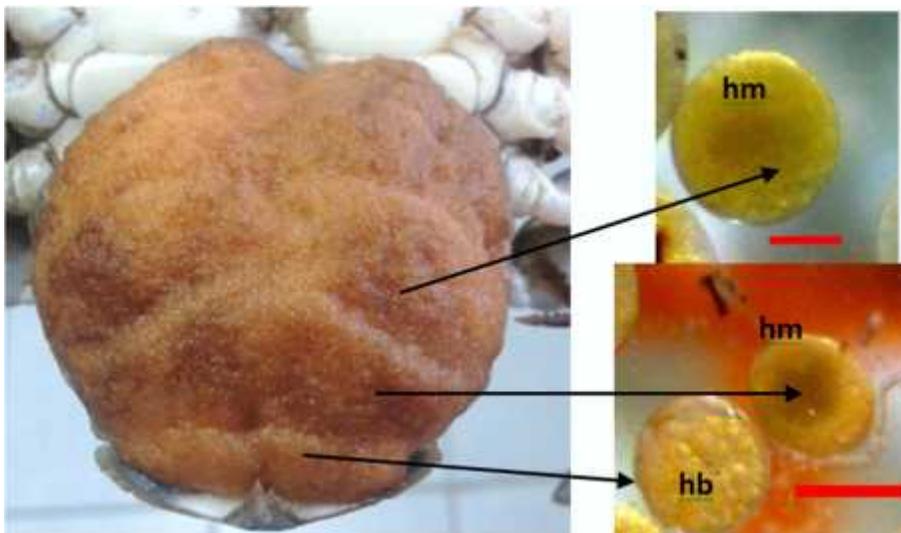


Figura 30. Hembras no viables de *Callinectes* spp. con huevos en mal estado por la degradación de lípidos. Huevos en buen estado (hb) y huevos en mal estado (hm). Barra roja de escala = 100 μ m.

Se presentaron masas ovígeras con huevos en diferentes Estados de desarrollo embrionario que presentaban parches de un color diferente a toda la masa ovígera. En el caso en que se detectaron parches naranjas se interpreta que son huevos en el Estado 1, a diferencia del resto de los huevos presentaban un color café y que se clasificaron en Estado 2. Esto indica que el desarrollo de los embriones es heterogéneo, la cual sucede, cuando una porción o varias porciones de la masa, no se desarrollan uniformemente en toda la masa de huevos, y que puede afectar el potencial reproductivo debido a estas alteraciones (Fig. 31 a y b), principalmente en aquellos organismos con fines de cultivo.

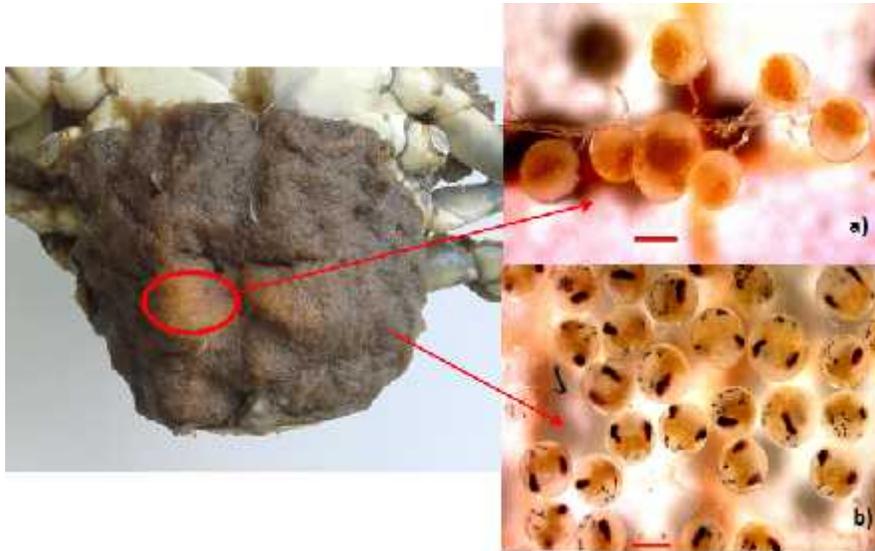


Figura 31. Hembras no viables de *Callinectes* spp. con diferentes Estados de desarrollo embrionario. Huevos en Estado 1 a) y huevos Estado 2 b). Barra roja de escala = 100 μ m.

Por último, se presentaron hembras con huevos en Estados intermedios y avanzados que tenían la masa ovígera con una textura gelatinosa. Se veían en muy mal estado y en ocasiones incompletas. Los huevos estaban rotos evidenciando una posible eclosión prematura, y otros huevos estaban en estado de descomposición (Figura 32).



Figura 32. Hembras no viables de *Callinectes* spp. con embriones en estado de putrefacción, y huevos eclosionados prematuramente. Barra roja de escala = 100 μ m.

7.9 Posibles causas de la masa ovígera alterada

Se analizaron los huevos en donde se encontró la presencia de microorganismos conocidos como bacterias filamentosas, por la forma que estas tienen que no se identificaron, adheridos a la membrana de los huevos sin embargo estos huevos a simple vista se veían saludables y sin ninguna alteración (Figura 33). Pero estas bacterias podrían ser las causantes de la masa ovígera gelatinosa y el desarrollo de los embriones de forma heterogénea.

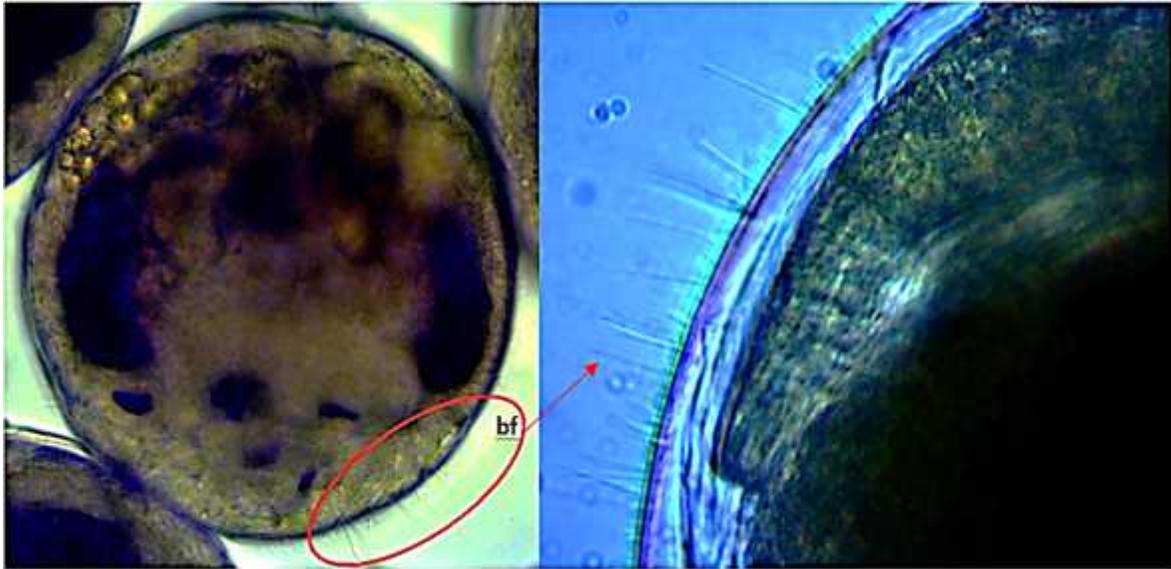


Figura 33. Presencia de bacterias filamentosas (bf) adheridos a los Huevos de *Callinectes* spp.

Otros organismos fueron encontrados asociados a algunas masas ovígeras, estos parásitos que a simple vista no se observaron porque están entrelazados en los huevos, al retirar la masa ovígera del telson se examinó. Los organismos se identificaron como pertenecientes al género *Carcinonemertes*, por las características que presentan (Fig.34 a, b y c), estos parásitos con forma aplanada (nemertinos) son altamente voraces de huevos de jaibas; existiendo la posibilidad que ocasionen una baja en el potencial reproductivo de las jaibas *Callinectes*.

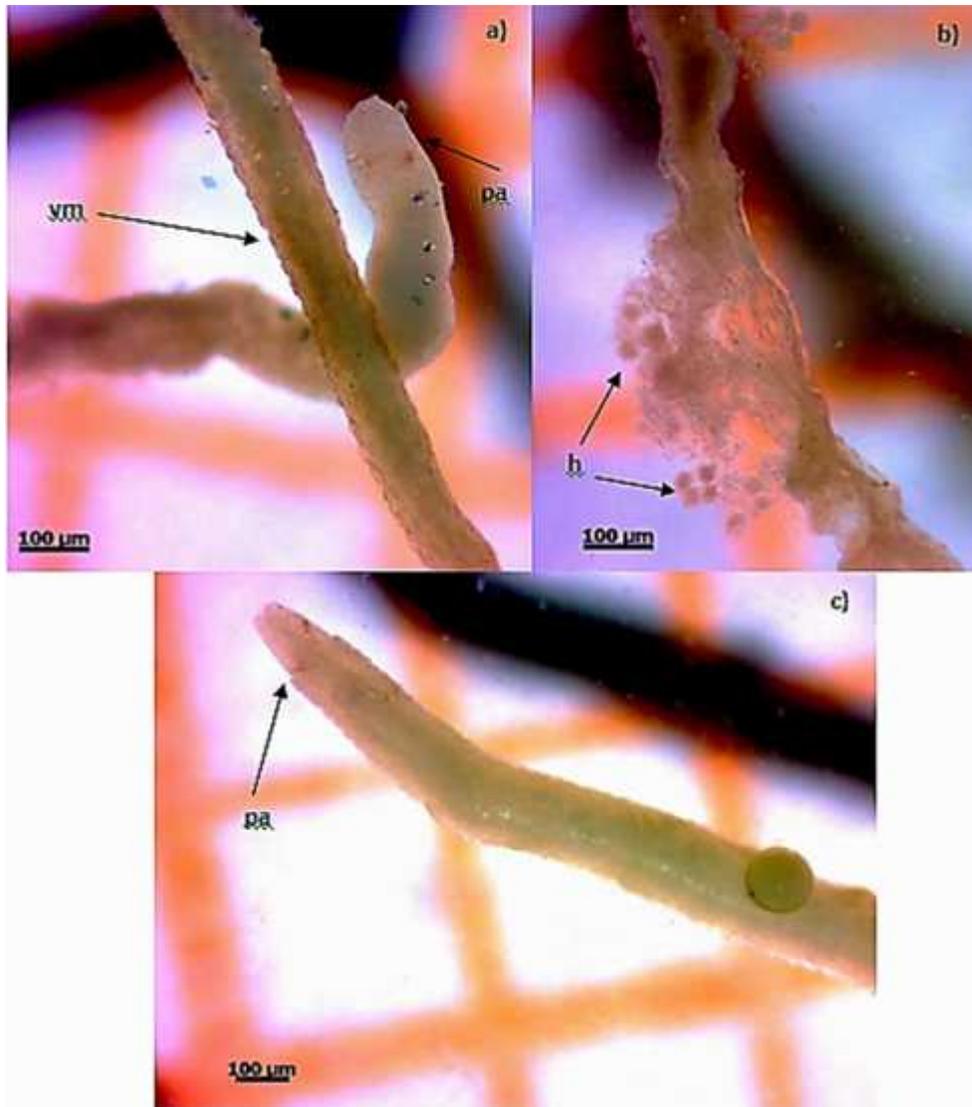


Figura 34. Parasito nemertino que posiblemente pertenece al género *Carcinonemertes*, encontrados en la masa de huevos de *Callinectes* spp. Se aprecia la a) Vaina mucosa (vm) con papilas pronunciadas en forma de copula, b) huevecillos (h) del gusano nemertino y c) la parte anterior (pa) del organismo.

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Variables ambientales

Un estudio realizado por Tapia-García *et al.* (2011), dentro del mismo sistema lagunar, registraron valores de temperatura y salinidad, en los años de 1991, durante dos meses (julio y septiembre), 1992 (en el mes de marzo, abril, junio, agosto, octubre y diciembre) y 1993 (marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre). En donde los valores de temperatura mínima del agua, se presentaron en el mes de diciembre con 21.5°C, los valores máximos en mayo de 38.5°C. Mientras que en el estudio de Gil-López (2009), registró la temperatura más baja, en el mes de enero con 23.4°C y la máxima lo reporta en julio de 32.1°C. En donde se observa un desfase de dos meses para el valor máximo pero comparados con el presente estudio la diferencia es de tres meses que ocurrió hasta en agosto respecto al estudio de Tapia-García *et al.* (2011), el cual pudo ser prolongado al ser registrado en un año niño mientras que los previos estudios se hicieron cuando se presentaron años neutrales (ausencia del fenómeno El Niño/La Niña), según la World Meteorological Organization (2014 y 2017).

Los promedios mensuales de temperatura en el presente estudio, se observaron que los más bajos fueron en diciembre, enero y abril, mientras que los promedios más altos, fueron en junio, julio y agosto. Según Tapia-García y colaboradores (2011) las mínimas fue de noviembre a marzo y las máximas de mayo a agosto coincidiendo los mismos meses excepto en la de diciembre aunque nuevamente el fenómeno de El Niño pudo provocar que los valores de temperatura descendieran hasta diciembre en el presente estudio.

Para la salinidad los valores publicados por Tapia-García *et al.* (2011) los promedios bajos se presentaron de junio a noviembre y los valores más altos se presentaron de diciembre a mayo. Un estudio realizado por Gil-López (2009) en la parte de Paredón, las salinidades mínimas fueron en noviembre, diciembre y enero, los valores máximos en el mes de julio y agosto.

En el presente trabajo los valores promedio más bajos se presentaron de julio a diciembre y los más altos en los meses de marzo, abril y mayo. Sin embargo los promedios mensuales indican que en el mes de mayo se obtuvo un pico de salinidad y la más baja en septiembre. Entre los diferentes estudios previos mencionados, en la mayoría de los valores máximos y mínimos promedios solo coinciden en algunos meses, la diferencia de los datos obtenidos puede estar relacionado con las épocas de lluvias y estiaje, que generalmente esta última inicia en diciembre y concluye en mayo, pero las condiciones ambientales varían de un año a otro.

Tapia-García *et al.* (2011) indica que en esta zona de Paredón, la temperatura se encuentra en los mismos rangos con el presente trabajo, así como la salinidad no sobre pasa las 40 ups en ambos estudios. Por lo que en esta zona siempre hay una mezcla de agua marina al estar cerca de la bocabarra, que evita el aumento de la salinidad por evaporación.

Durante el periodo de muestreo con base a los meses, la temperatura presentó diferencias significativas, mientras que para la salinidad no se obtuvieron diferencias significativas. Los valores mínimos de temperatura, corresponden en algunos meses con la época de lluvias, también coinciden con la presencia de los vientos tehuanos o “Nortes”, que se presentan durante octubre, noviembre y diciembre, según Álvarez del Villar y Díaz Pardo (1973), y que disminuyen de enero a marzo los cuales son vientos fríos y secos (Monreal Gómez y Salas de León, 1998). En estos meses de Norte coinciden las temperaturas promedios por mes más bajas, obtenidas en el presente trabajo. Comportándose de la siguiente manera: durante octubre empieza a disminuir la temperatura hasta alcanzar el valor más bajo en enero y se observa que en el mes de marzo se eleva nuevamente, las cuales pueden influir en el comportamiento de la temperatura del agua.

Similar a lo obtenido por Ocampo y Emilsson (1974), quienes relacionaron los valores bajos de temperatura con la época de lluvia, en la laguna de La Joya-Buenavista, y otros factores como la alta nubosidad que reduce la radiación solar,

los escurrimientos fluviales intensos provenientes de zonas con mayor altitud y de menor temperatura.

8.2 Estructura de tallas de hembras ovígeras

En Las Guásimas, Sonora se han encontrado hembras ovígeras de *C. arcuatus* y *C. bellicosus* con tallas mínimas de 50 mm AC, (Hernández-Moreno, 2000 citado en Arciniega-Flores y Mariscal-Romero, 2013). En esta misma entidad según Salazar y colaboradores (2003) encontraron tallas de hembras ovígeras en un intervalo por clase de talla de 50 a 55 mm AC y con tallas máximas de 125 a 130 mm AC para *C. arcuatus* superiores a las tallas registradas en el presente estudio. Salazar *et al.* (2003) indica que el porcentaje más alto de hembras ovígeras por marca de clases fue la de 85 mm AC, lo cual en el presente estudio la marca de clase representativa fue de 86 mm AC. Hernández y Arreola-Lizárraga (2007) en el mismo sistema lagunar (Las Guásimas) colectaron hembras ovígeras de *C. arcuatus* de entre 54 a 122 mm AC, y para la especie de *C. bellicosus* se encontraron organismos con 51 a 95 mm AC, aunque en los estudios previos las tallas mínimas son inferiores al del presente, estos valores se encuentran dentro de los rangos reportados por los autores antes mencionados.

Otros autores que coinciden entre los intervalos encontrados para *C. arcuatus* son, Estrada-Valencia (1999), quien registró tallas de 70-110 mm AC, en la Laguna de Cuyutlán, Colima, en donde la talla más representativa fue de 90 mm AC. Arciniega-Flores y Mariscal-Romero (2013) en la Laguna Barra de Navidad, Jalisco, encontraron un intervalo de 70-109 mm AC.

La diferencia en la composición de tallas de hembras ovígeras varía de un estudio a otro, principalmente por las condiciones estacionales que no son las mismas, así como la disponibilidad de alimentos que es importante para el crecimiento y la competencia de esta con otras especies de jaibas que comparten un mismo nicho ecológico, ésta última puede influir en la variación de tallas registradas en los estudios dentro de un mismo sistema como los realizados en el Mar Muerto por, Gil-López (2009) en donde registró para *C. arcuatus* tallas de 67

mm hasta 114 mm AC. Para *C. bellicosus* se registraron de 129 mm hasta 141 mm AC. Mientras que las tallas registradas en el presente estudio fueron valores cercanos a los encontrados por el anterior autor, sin embargo, en la diferencia de tallas como en este caso también pueden influir los puntos de muestreos, tomando en cuenta que el presente estudio abarco un área pequeña y pocos puntos de muestreos a diferencia del otro estudio que abarco casi todo el sistema lagunar, otro factor importante es el tipo de trampas utilizadas con las que difiere la selectividad de los organismos.

8.3 Morfometría

Al analizar la relación que existe entre dos variables, en este caso la talla (X) y peso (Y) de los organismos es necesario saber el coeficiente de determinación (R^2), esto es igual al coeficiente o índice de correlación al cuadrado (r^2), el cual nos permite ver la relación entre una variable aleatoria dependiente (Y) y una o varias variables aleatorias (X_i) independientes (Flores Hernández *et al.*, 2007).

Las dos especies presentan un coeficiente de determinación positiva alta aunque fue mayor en las hembras de *C. bellicosus*, así como en la mayoría de los trabajos esta especie casi siempre tiene los valores más elevados en la relación AC-PT, a diferencia de *C. arcuatus*. Enseguida se enumeran los estudios sobre las mismas especies de jaibas, realizado por diferentes autores, y todos señalan que existe una relación positiva entre estas dos variables (AC-PT), sin embargo, hay que tomar en cuenta que el presente estudio se basa solo en hembras ovígeras (OV), como es el caso de Arciniega-Flores y Mariscal-Romero (2013), quienes analizaron esta relación para hembras OV de *C. arcuatus* con índices de correlación muy cercanos a lo obtenido en el presente estudio. Diarte-Plata (2014) determino las relaciones morfométricas en jaibas (*C. arcuatus* y *C. bellicosus*) para hembras maduras, a diferencia de otros autores mencionados en este apartado, obtuvo las relaciones más bajas aunque siguen siendo positivas (Tabla V).

Cercano al sistema lagunar Mar Muerto en la Joya-Buena Vista, Ramos-Cruz (2008) estimó la relación ancho de caparazón contra peso total, en hembras

maduras e inmaduras de *C. arcuatus*. De la misma forma diferentes autores lo realizaron en otros sistemas estuarinos con las dos especies del presente trabajo (Escamilla-Montes, 1998; Estrada-Valencia, 1999; Hernández y Arreola-Lizárraga, 2007). Estudios realizados dentro del mismo sistema lagunar toman en cuenta ambos sexos (machos y hembras) para determinar la Morfometría (Gil-López y Sarmiento-Náfate, 2001; Gil-López, 2009) las cuales pertenecen a las mismas especies analizadas en el presente estudio. En la siguiente tabla se muestran los resultados de autores mencionados en este apartado, quienes analizaron la relación entre ancho de caparazón y peso de los organismo (Tabla V).

Tabla V. Resultados de otros autores y del presente estudio realizados en las costas del Pacífico mexicano donde se muestran los datos sobre la relación entre ancho de caparazón (AC) y peso (PT, P, y, W) de las jaibas *Callinectes* spp. Índice de correlación (r^2), número de organismos (N).

Referencia	Especie	Ecuación	r^2	N	Lugar
Escamilla-Montes, 1998.	<i>C. arcuatus</i>	$W=4.82 \times 10^{-5} AC^{3.11}$	0.95	182	Estero El Conchalito, Ensenada de la Paz
	<i>C. bellicosus</i>	$W=3.49 \times 10^{-5} AC^{3.15}$	0.98	54	
Estrada-Valencia, 1999.	<i>C. arcuatus</i>	$W=0.073 * AC^{3.024}$	0.981	1721	Laguna de Cuyutlán, Colima
Gil-López y Sarmiento-Náfate, 2001.	<i>C. arcuatus</i>	$Pt=0.00004 AC^{3.1284}$	0.94	1379	Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas
	<i>C. bellicosus</i>	$Pt=0.00008 AC^{3.007}$	0.98	681	
Hernández y Arreola-Lizárraga, 2007.	<i>C. arcuatus</i>	$y = 2E-05(x)^{3.27}$	0.97	164	Laguna costera Las Guásimas, México
	<i>C. bellicosus</i>	$y = 4E-05(x)^{3.11}$	0.97	485	
Ramos-Cruz, 2008.	<i>C. arcuatus</i>	$y = 0.00033x^{2.664}$	0.83	1043	La joya-Buenavista, Chiapas
Gil-López, 2009	<i>C. arcuatus</i>	$y=4E-05(AC)^{3.1642}$	0.9595	1561	Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas
	<i>C. bellicosus</i>	$y=8E-05(AC)^{3.0023}$	0.9684	908	
Arciniega-Flores y Mariscal-Romero, 2013.	<i>C. arcuatus</i>	$P=0.0001 AC^{3.0009}$	0.8211	141	Laguna Barra de Navidad, Jalisco
Diarte-Plata, 2014	<i>C. arcuatus</i>	$PT=0.1036 AC^{2.7051}$	0.5243	662	Laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa
	<i>C. bellicosus</i>	$PT = 0.1022 AC^{2.8253}$	0.6988	1413	
Presente estudio	<i>C. arcuatus</i>	$PT=1E-04 AC^{2.9689}$	0.8507	64	Mar Muerto, Paredón
	<i>C. bellicosus</i>	$PT=5E-06 AC^{3.6348}$	0.8903	64	

8.4 Fecundidad

Para los estudios relacionados a la fecundidad en los organismos de la familia Portunidae, algunos autores han demostrado que existe una correlación de la fecundidad con la talla y peso, en donde estas dos variables juegan un rol importante en la producción de huevos (Ogawa y Rocha 1976; Du Preez y McLachlan 1984). Específicamente las hembras del género *Callinectes* producen de uno a ocho millones de huevos dependiendo de la especie, y que a pesar de su gran potencial reproductivo están expuestos a una alta mortalidad larval (Arshad *et al.*, 2006; Wilcox, 2007; Bacab-Cahuich *et al.*, 2002).

En el presente estudio se encontró una variación de la fecundidad entre las dos especies de jaibas *C. arcuatus* y *C. bellicosus*, los conteos de huevecillos indican que la segunda especie presenta los promedios de fecundidad más altas, las cuales son organismos de tallas superiores con respecto a la primera especie. Esta variación de la fecundidad concuerda en parte con lo que dicen Reid y Corey (1991), al describir que en los crustáceos el espacio disponible de bajo del abdomen de la hembra, el tamaño corporal y adicional a esto, también la forma y tamaño de los huevos determina la cantidad de huevos que puede portar una hembra, en este caso se hace un énfasis en el tamaño de la especie aunque existen otros factores que afectan la fecundidad las cuales se describirán más adelante.

Para estimar la cantidad de huevos o la fecundidad de un organismos es necesario saber que en la mayoría de los crustáceos decápodos el crecimiento es discontinuo, pues ocurre a través de mudas (Somers, 1991). Esta discontinuidad se ajusta mejor a un modelo potencial a diferencia de uno lineal en el que se presenta una subestimación en la cantidad de huevos, en hembras más pequeñas o más grandes (Corey, 1981; Somers, 1991). Bagenal (1967), recomienda los modelos potenciales para un mejor análisis sobre las variaciones de la fecundidad con respecto a la talla corporal del organismo. Tomando en cuenta estos datos en el presente estudio se estimaron las fecundidades para *C. arcuatus* y *C. bellicosus* a través de un modelo tipo potencial.

Mediante el modelo antes mencionado Escamilla-Montes y colaboradores (2013), estimaron la fecundidad promedio para *C. arcuatus* en 4' 094, 171 \pm 1, 796 huevos con una talla promedio de 107 \pm 14 mm de ancho de caparazón, obtuvo una mínima de 1' 787, 520 huevos para un ejemplar de 84 mm de AC (48.9 g) y un máximo de 7' 270, 056 con 124 mm AC (185.0 g). Donde los organismos presentaron tallas más grandes, pudiendo ser este el motivo, por el cual se encontraron fecundidades más altas que en el presente estudio. La fecundidad promedio para *C. bellicosus* fue de 4' 576, 258 \pm 974 huevos con una talla promedio de 113 \pm 5 mm de ancho de caparazón. Con una mínima de 2' 807, 184 huevos en una hembra de 106 mm AC (113.6 g) y la máxima de 7' 727, 862 con una talla de 121 mm AC (148.5 g). Comparando este trabajo las fecundidades son similares para *C. bellicosus*, aunque se esperaba obtener una mayor producción de huevos en el presente estudio al registrarse tallas promedios más grandes. Estrada-Valencia (1999) calculó que para *C. arcuatus*, la fecundidad vario de 228, 862 huevos en un organismo de 72 mm AC hasta 2' 522, 020 con una talla de 95 mm AC, y un promedio global de 793, 798 huevos por hembra. Estos valores indican que hay una menor fecundidad según los datos que entrego a diferencia del presente estudio.

En particular para el sistema lagunar Mar Muerto Gil-López (2009), estimó la fecundidad promedio de *C. arcuatus* con 872, 968 huevos. Obtuvo una mínima de 340, 219 huevos en una hembra de 72 mm AC hasta 1' 759, 802 huevos en una de 108 mm de AC, mientras que *C. bellicosus* presentó una fecundidad promedio de 2' 142, 116 huevos con una mínima de 1' 340, 661 huevos para una hembra de 130 mm AC y la máxima de 2' 582, 208 huevos con 140 mm AC. Estas son fecundidades promedios menores que las obtenidas en el presente estudio llevado a cabo en el mismo sistema lagunar, presentándose una variedad en los promedios en ambos casos a pesar de que los organismos analizados, se registraron dentro del mismo intervalo de tallas. Otros autores reportan fecundidades promedios muy por debajo de lo encontrado en el presente estudio para la especie *C. bellicosus*, entre ellos; González-Ramírez y colaboradores (1990), quienes estimaron la fecundidad promedio en 1' 463, 000 huevos en ocho

hembras, con un mínimo y un máximo de 643, 900 y 2' 700, 000 huevos respectivamente. Ramírez-Félix y Singh-Cabanillas (2003), con un valor de fecundidad promedio de 1' 400, 000 huevos, una mínima de 775, 000 y una máxima de 2' 500, 000 huevos.

De acuerdo a Diarte-Plata (2014), menciona que las fluctuaciones de fecundidad se presentan por la diferencia de latitudes como se observa en los previos estudios de diferentes lugares, pero que también las condiciones fisiológicas de las hembras, estación del año, condiciones ambientales, cantidad de alimento y temperatura pueden ser factores que afecten la fecundidad en un mismo lugar.

Para el presente trabajo se obtuvo relaciones significativas entre el ancho de caparazón (AC) contra fecundidad (Fp), y Peso (PT) contra fecundidad (Fp) para *C. arcuatus* y *C. bellicosus* aunque en ésta última especie sus valores fueron más bajos. Escamilla-Montes y colaboradores (2013), también obtuvieron valores significativos pero más altos, con una $R^2 = 0.8791$ en la relación AC-Fp y en la relación PT-Fp $R^2 = 0.9116$ para *C. arcuatus*. Coincidiendo en que las hembras tienen una mayor relación de la fecundidad respecto a su peso corporal, y que también concuerda con lo descrito por Estrada-Valencia (199) quienes estimaron una $r = 0.44$ entre AC-Fp y una $r = 0.53$ en la relación PT-Fp.

Escamilla-Montes y colaboradores (2013), determinaron para *C. bellicosus*, una $R^2 = 0.819$ en la relación AC-Fp y para la relación PT-Fp fue de $R^2 = 0.7162$, la mayor relación se dio en el primer caso y con una relación más baja respecto al peso, esto contrasta con el presente estudio.

Un estudio realizado por Gil-López (2009), difiere de los estudios previos mencionados y el presente, quienes obtuvieron valores no significativos en la relación AC- Fp con una $R^2 = 0.3696$ para *C. arcuatus* y *C. bellicosus* en la misma relación con un valor de $R^2 = 0.3083$, siendo que para el presente estudio en esta última especie si se encontró una relación significativa pero muy baja. A pesar de que ambos estudios se realizaron en el mismo lugar las variaciones pueden estar

relacionados por el tipo de metodología utilizada, la pérdida de huevos al momento de la captura y manejo de las muestras. Sin embargo existen otros factores que algunos autores atribuyen a estas variaciones de la fecundidad, como la diferencia de tallas y adaptaciones en diferentes hábitats en el que se encuentran (Mantelatto y Fransozo, 1997; Cházaro-Olvera *et al.*, 2000; Darnell *et al.*, 2009). Pero también se sabe que los organismos del género *Callinectes* pueden desovar desde tres o hasta siete veces en un año dependiendo de la especie, por lo que en cada desove hay una disminución en la cantidad de huevos (Paul *et al.*, 1983; Quijano, 1985; Wilcox, 2007), el cual deja en claro que la fecundidad además de la talla y peso de los organismos también se relaciona directamente con la cantidad de desoves que tiene en una misma temporada.

En el presente estudio se determinó la fecundidad relativa (Fr) promedio y los coeficientes de correlación entre AC-Fr y PT-Fr basados en un modelo lineal de ambas especies las cuales fueron no significativos. Coincidiendo con Escamilla-Montes *et al.* (2013), quienes registraron un promedio de 37, 132 \pm 5, 162 huevos por g⁻¹ de peso para la especie *C. arcuatus*. El promedio para *C. bellicosus* fue de 36, 088 \pm 4, 259 huevos por g⁻¹ de peso, y en las dos especies los coeficientes de correlación son despreciables, por lo que cada gramo de una hembra no estandariza la cantidad de huevos que puede producir, además que la dispersión de los datos es muy grande.

8.5 Morfología de los huevos

En un estudio llevado a cabo por Tusetta *et al.* (2011), se observaron seis Estados de desarrollo de los huevos para los cangrejos rojos de alta mar *Chaceon affinis*, en cada Estado se midieron las áreas promedio de los huevos, con un área promedio en el Estado I de 0.254 mm² y cuando estaban en el último Estado VI, estos alcanzaron un área de 0.328 mm², en este sentido se observa claramente que hay incremento en el tamaño de los huevos desde el Estado inicial hasta el Estado final durante la incubación, y que a su vez la coloración de la masa de huevos se correlacionó con cada Estado, como en el presente estudio.

Hernández y Palma (2003), al norte de Chile, analizaron las mediciones de los huevos en cinco especies de la familia Porcelánidos, (*Allopetrolisthes angulosus*, *A. spiniforme*, *Petrolisthes granulatus*, *P. tuberculatus* y *Liopetrolisthes patagonicus*) quienes categorizaron los huevos en tres Estados de desarrollo embrionario como en el presente estudio; Estado I (E-I), Estado II (E-II) y Estado III (E-III). Entre los diferentes estados de desarrollo señalan que el volumen del huevo mostró diferencias notorias a lo largo del proceso de incubación. Para tener un análisis más detallado, determinaron la relación entre el peso seco del huevo contra el volumen del huevo de las cinco especies, el cual presentó una alta correlación del peso seco de cada huevo y el volumen del huevo en cada estado de desarrollo, a excepción de la especie *P. tuberculatus*, las otras cuatro especies restantes todos los valores de R^2 fueron significativos. Con lo cual se demuestra que el embrión aumenta de peso progresivamente al desarrollarse sus estructuras corporales según su estado de desarrollo.

Sarker *et al.* (2009), midieron el diámetro de los huevos en cangrejos de manglar *Perisesarma bidens*, mediante estas mediciones de los diámetros promedios se muestra que en este caso también se presenta un incremento progresivo del tamaño del huevo durante la embriogénesis. Al momento de la inseminación se obtuvo un diámetro promedio de 313.05 μm , para cuando los huevos estaban en estado blástula ya medían 316.36 μm , y justo antes de la eclosión 16 días después de la inseminación alcanzaron un tamaño de 410.17 μm de diámetro promedio.

En los cangrejos Portúnidos, el cual pertenece el género *Callinectes* se ha visto que durante la incubación los huevos, inicialmente son de color amarillo o naranja por el vitelo disponible en el interior del huevo, a medida que transcurren los días las larvas consumen el vitelo para alimentarse, mientras las larvas empiezan a desarrollar sus estructuras corporales y a pigmentarse, la masa de huevos empieza a oscurecerse en un periodo de dos semanas (Arshad *et al.*, 2006; Wilcox, 2007).

Otro estudio en jaibas del mismo género (*Callinectes*) realizado por Graham y colaboradores (2012), midieron el diámetro de los huevos de las hembras de *C. sapidus*, en dos temporadas distintas; una en primavera y la segunda en verano-otoño. Las hembras fueron clasificadas en dos: Hembras primíparas (hembras que no han tenido algún desove) y hembras múltíparas (hembras que ya hayan desovado una o varias veces). En el primer caso (hembras primíparas) se presentaron huevos de mayor diámetro con un promedio de 272.4 μm , a diferencia de las hembras múltíparas que presentaron huevos más pequeños con un diámetro promedio de 264.3 μm , en la temporada de primavera. Pero en la temporada de verano-otoño ocurrió algo inverso, los diámetro promedios de las hembras primíparas fueron de 238.6 μm y en hembras múltíparas de 241.8 μm pero con diferencias muy pequeñas en el tamaño de los huevo. Estos diámetros registrados comparándolas con el presente estudio aunque no se discrimina entre hembras primíparas o múltíparas, *C. arcuatus* presento diámetros promedio que se encuentran entre los mismos intervalos incluso un poco por arriba de lo registrado para *C. sapidus*, mientras que la especie de *C. bellicosus* presentaron huevos aún más grandes que las dos especies antes mencionadas, debido a que esta especie alcanzan mayores tallas. Incluso entre los organismos de la misma especie como en el caso de *C. sapidus* las hembras con tallas más grandes pueden producir huevos de mayor tamaño; una hembra de 109 mm de ancho de caparazón puede producir huevos con un volumen promedio de 0.006382 mm^3 y una hembra de talla más grande (113 mm AC) presento un volumen promedio de 0.008641 mm^3 , según los datos de Chenery (2002).

Se ha considerado que el tiempo de incubación está directamente relacionado con el tamaño del huevo (Levitan, 1996 citado en Hernáez y Palma, 2003). En este sentido Hernáez y Palma (2003), suponen que en los Porcelánidos, los embriones de mayor tamaño deberían demorar menos tiempo en eclosionar que los más pequeños. Aunque hacen falta más estudios para determinar si esto sucede en los Portúnidos, como en otros cangrejos de la familia Porcelánidos, además de que las condiciones en donde habitan son diferentes. En el presente estudio se analizaron medidas de los huevos como; diámetro y volumen, sin

considerar el tiempo de incubación, debido a que las hembras fueron colectadas en el medio silvestre y escogidas según la coloración que indicaban cierto Estado de desarrollo. Aunque McEdward (1997) citado por Hernáez y Palma (2003), menciona que es necesario conocer el tamaño y volumen del huevo, así como el tiempo de incubación de una especie, para establecer la estrategia reproductiva más adecuada, con base a los fundamentos obtenidos en estudios similares.

8.6 Desarrollo embrionario

La mayoría de las hembras ovígeras de ambas especies colectadas en el presente estudio portaban masa con huevos de color amarillo y naranja, el cual indican un desarrollo embrionario en Estado temprano, seguido de hembras que portaban la masa de huevos de colores marrón y café (Estado intermedio), la menor proporción de hembras se obtuvo en aquellas que portaban masas con huevos en Estado avanzado o apunto de eclosionar, de colores café oscuro, gris y negro. La baja incidencia de hembras que presentaron masas ovígeras con un desarrollo embrionario avanzado, puede relacionarse con las migraciones de hembras hacia las bocas de las lagunas costeras o cuerpos de aguas con salinidades de al menos 20 ups para poder desovar, lo cual ha sido descrito para las especies de jaibas por algunos autores en otros sistemas lagunares, y entre ellas *C. arcuatus* y *C. bellicosus* (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2003; Estrada-Valencia, 1999; Fischer y Wolff, 2006; Ramírez-Félix *et al.*, 2003; Sánchez-Ortiz y Gómez-Gutiérrez, 1992; Wilcox, 2007). En este caso en el Sistema lagunar Mar Muerto, puede ser posible que las hembras con embriones en Estado 1 y 2, como aún no tienen la necesidad de desplazarse hacia la boca de Tonalá para desovar, lo que hace más frecuente su captura dentro de la laguna, porque según Fischer y Wolff (2006), las larvas necesitan estar en ambientes marinos para desarrollarse.

Los estudios sobre la descripción del desarrollo embrionario para las especies de jaibas presentes en el Pacífico mexicano son ausentes, siendo este el primer estudio realizado en jaibas en la costa de Chiapas y toda la costa del Pacífico mexicano para el género *Callinectes*. Aunque hay que dejar en claro que la descripción que se hace en este trabajo, no es una descripción completa del

desarrollo ontogénico del embrión, tampoco se tomó en cuenta el tiempo de incubación, por lo que los organismos colectados no fueron acondicionados en el laboratorio como en otros estudios previos que se han hecho con hembras colectadas que portan embriones en Estado temprano para ser monitoreado a detalle en su posterior desarrollo. En el presente estudio los organismos colectados fueron escogidos a simple vista con base al color de la masa ovígera desde los colores amarillo-naranja hasta los colores más oscuros como café oscuro-negro, el cual indica diferentes grados de desarrollo del embrión. Se hizo un análisis de las imágenes obtenidas de los embriones donde se corroboró que sí existe una correlación entre los distintos colores de la masa ovígera y el grado de desarrollo del embrión.

En la especie de *C. arcuatus* fue posible observar los huevos desde que no había algún indicio de desarrollo del embrión cuando las gotas de lípidos aún estaban presentes, según Sarker *et al.* (2009 y 2012), en este momento los diferentes Estados de división celular, el Estado blástula, gástrula y la formación de células primordiales (gorra de tejido) han culminado para dar inicio a algo más complejo, como la formación de tejidos, diferenciación de estructuras corporales, así como los órganos que sucesivamente se hacen cada vez más complejos antes de que ocurra la eclosión. En la especie de *C. bellicosus* se describe a partir del Estado blástula avanzado (células resultantes de las primeras divisiones del huevo), luego se observó el mismo patrón de desarrollo embrionario como en *C. arcuatus* desde que las gotas de yemas o lípidos estaban presentes. Fue imposible diferenciar las estructuras primordiales en Estado temprano para *C. bellicosus*, de igual forma para las setas plumosas, la segmentación del abdomen y la diferenciación de esta con el telson tampoco pudo ser visible. Por lo que es recomendable investigar una técnica especial para poder observar mejor la morfología de los embriones en ambas especies, aunque para *C. arcuatus* sí fue posible observar con mayor facilidad las características morfológicas sin ninguna técnica en especial. Los inconvenientes que se encontraron para *C. bellicosus*, podrían ser porque debido a que la membrana del huevo tiene un mayor grosor, se dificulta la visibilidad a detalle de estructuras más pequeñas como las setas

plumosas o la segmentación abdominal. Los embriones de *C. bellicosus* fueron analizados en huevos vivos, congelados, fijados en formol y alcohol obteniendo el mismo resultado, fue poco visible ver a través de la membrana del huevo, por lo cual se descarta que la conservación de la muestra en un corto periodo (uno a dos días) afecte la visibilidad en la membrana de los huevos.

En estudios previos de la especie *Perisesarma bidens* se describe el desarrollo embrionario después de una inseminación artificial, a partir del Escote (Sarker *et al.*, 2009), donde se observó una similitud del desarrollo embrionario con el presente estudio, y se notó una diferencia en el color de los cromatóforos de color naranja para *P. bidens* además de las de color negro, en las especies del presente estudio sólo aparecieron cromatóforos negros. Otro estudio en la especie *Neosarmatium indicum* (Sarker *et al.*, 2012), describe el mismo patrón embriológico como en el presente estudio. Según Sarker y colaboradores (2009 y 2012), en los cangrejos *P. bidens* y *N. indicum* el tiempo incubación es de 16 días, este periodo de tiempo también se ha documentado para los organismos del género *Callinectes*, que son de dos a tres semanas (Ortega-Salas, 1994), las cuales varían según las especies, como en el caso de *C. sapidus* (cangrejos azules) tardan entre 10 a 13 días a una temperatura de 28°C (Walker *et al.*, 2006), y en *C. toxotes* con una duración de 8 a 11 días a una temperatura de 27°C (Lucas Marcillo y Paladines, 2009).

De acuerdo al patrón general de crecimiento del embrión analizado en ambas especies del presente estudio para *C. arcuatus* el Estado blástula y gástrula no pudo encontrarse y solo se describe el desarrollo embrionario a partir de huevos ocupados totalmente de gotas de lípidos (yema), y en *C. bellicosus* se describe a partir del Estado blástula avanzado, omitiendo el Estado gástrula que tampoco pudo ser observado en los huevos analizados para esta especie.

Soundarapandian y Tamizhazhagan (2009), estudiaron la especie de *Portunus pelagicus*, estimando una duración de incubación de 6 a 7 días con temperaturas de 28-31 °C, salinidades de 33-35 ups y pH de 7.5-8.0. Establecieron cinco Estados de desarrollo: blástula, gástrula, placoda del ojo,

pigmento y latido del corazón. Aunque en el presente estudio se generalizó en tres Estados, que concuerdan con el patrón de crecimiento del embrión, sin embargo, los latidos del corazón no se observaron, solo movimientos leves en la parte abdominal del embrión en Estados avanzados, tal vez por el tiempo de traslado de las hembras colectadas los embriones ya estaban en etapas terminales de vida. También con otro estudio los patrones de crecimiento coinciden con la especie de *C. sapidus* por Walker *et al.* (2006), el cual dividieron 11 Estados de desarrollo embrionario.

En otras especies de crustáceos Decápodos, el desarrollo embrionario ha sido descrito por García-Guerrero y Hendrickx (2004), a partir de hembras capturadas con huevos en Estado temprano en dos especies de cangrejo de manglar *Aratus pisonii* (14 días incubación) y *Goniopsis pulchra* (15 días de incubación), llevado a cabo en Sinaloa, quienes describen el desarrollo embrionario completo de acuerdo a las características morfológicas observables desde que los huevos están ocupados en su totalidad por yema, sin tomar en cuenta el escote, blástula, y gástrula. Observaron que inicialmente la yema ocupa todo el interior del huevo mientras transcurre el tiempo, ésta va disminuyendo haciendo evidente la formación de las estructuras primordiales, posteriormente con el tiempo se desarrollan y se forman nuevas estructuras más complejas, así como la complejidad de órganos (*e.g.*: los ojos). Esto sigue siendo el mismo patrón de crecimiento y las mismas estructuras corporales que se encontraron en el presente estudio, se observó que en las especies de *C. arcuatus* y *C. bellicosus* la aparición de cromatóforos no solo se presentaron en la parte abdominal sino que también en la parte del cefalotórax a diferencia de las especies *A. pisonii* y *G. pulchra* en las que solo se presentaron en cada una de las secciones abdominales.

En el mismo lugar de estudio (Sinaloa) García-Guerrero y Hendrickx (2006), estudiaron nuevamente el desarrollo embrionario de dos especies de cangrejos Porcelánidos en diferentes hábitats; laguna costera (*Petrolisthes armatus*) y zona intermareal a orilla del mar (*P. robsonae*). Donde también se observaron los

mismos patrones de crecimientos con el presente estudio y según García-Guerrero y Hendrickx (2006) la diferencia de hábitats no influye en el tiempo del desarrollo del embrión, ya que en ambas especies el tiempo de incubación fue de 19 días. Aunque Lardies y Wehrtmann (1996), documentan que la variedad de hábitats si influye pero en el tamaño de los embriones como en aquellas poblaciones de Porcelánidos que se encuentran sometidas a mayor presión de desecación, o periodos largos de marea baja, el cual juega un papel importante en el crecimiento del embrión durante su desarrollo, por lo que en estos organismos la membrana de los huevos son gruesas y resistentes a la desecación, lo cual limita el crecimiento de los embriones en el interior del huevo. Esto concuerda con Hernáez y Palma (2003), quienes analizaron cinco especies de Porcelánidos, y encontraron que en las especies como: *Petrolisthes granulatus* y *Allopetrolisthes angulosus*, las cuales soportan una mayor presión de desecación, presentaron un incremento en el volumen del huevo menor que lo estimado en aquellas especies sometidas a menor presión de desecación, como *A. spinifrons*, *Liopetrolisthes patagonicus* y *P. tuberculatus* el aumento del volumen es superior.

Lo que se si ha visto que influye sobre el tiempo de incubación además del desarrollo del embrión en crustáceos, son los parámetros físico-químicos, uno de los principales es la temperatura, Según Churchill (1919), el tiempo de incubación estimado para *C. sapidus* es de 15 días a una temperatura de 26.1 °C, pero a temperaturas ligeramente más altas como la mencionada anteriormente reducen este periodo, para la misma especie Walker *et al.* (2006), también determinó que a temperaturas altas el embrión se desarrolla más rápido y a temperaturas frías el tiempo de incubación es mayor. Este mismo comportamiento de la temperatura se encontró en un trabajo reciente realizado por Soundarapandian *et al.* (2014), para la especie *Macrobrachium idella idella* incubados a cuatro temperaturas diferentes (26, 30, 33 y 36°C). Observaron que a temperaturas elevadas (36°C) el embrión se desarrolla más rápido, pero se ve afectado porque ocurre una mortalidad total antes de la eclosión. A temperaturas bajas (26, 30, 33°C), el embrión demora más tiempo en desarrollarse, pero con mortalidades relativamente bajas. La morfología de los embriones de *M. idella idella* en su desarrollo sigue el mismo patrón

embriológico como en el presente estudio, una similitud muy evidente son los canales digestivo que se desarrollaron en segmentos como una línea de puntos, así como en el presente caso *C. arcuatus* y *C. bellicosus* hasta formar por completo los tubos digestivos, otra diferencia muy notoria son la forma de los huevos, en el de *M. idella idella* son muy ovoides, mientras que los huevos en las especies de *Callinectes* del presente estudio son casi esféricos.

Otro parámetro determinante en el desarrollo embrionario de los Portúnidos (jaibas) es la salinidad, al respecto; Estrada-Valencia (1999), menciona que los huevecillos que portan las hembras ovígeras no son capaces de osmorregular, por lo tanto deben emigrar a las desembocaduras del mar donde se dan las condiciones de iso-osmicidad (salinidades sin constantes cambios) y para que los huevos puedan ser viables necesitan salinidades similares a las marinas. Según Churchill (1919), la salinidad también afecta sobre el tiempo de incubación de *C. sapidus*, pues con una salinidad menor de 31.1 ups, el desarrollo es lento y a 20.1ups el desarrollo de las larvas se inhibe. Otra repercusión que tienen las salinidades bajas es que también ocasionan la eclosión de huevos prematuros en larvas pre-zoea las cuales mueren. Además de que la eclosión no ocurre a menos de 22 ups o más de 28 ups (Prager *et al.*, 1990; Hill *et al.*, 1989 citados en Bacab-Cahuich *et al.*, 2002).

El pH es otro parámetro que recientemente se ha documentado que afecta a los crustáceos decápodos en sus diferentes etapas de vida (Kurihara *et al.*, 2008), especialmente en aquellos lugares donde el pH pudiera presentar una disminución a causa de las altas concentraciones de CO₂ antropogénico dando lugar a la acidificación de los océanos (Orr *et al.*, 2005 citado en Swiney *et al.*, 2016), que afecta la sobrevivencia de los organismos, disminuye el crecimiento y la producción de huevos, además disminuye el calcio de sus estructuras (Arnold *et al.*, 2009; Kurihara *et al.*, 2008; Long *et al.*, 2013). En particular el desarrollo embrionario en condiciones de pH bajo (7.5) expuestos en un largo periodo como es el caso en embriones de *Chionoectes bairdi* no se desarrollan normalmente y en consecuencia la eclosión disminuye en un 71%, debido a que en aguas

acidificadas el tamaño de la yema es mayor y con embriones más pequeños lo que sugiere un retraso en su desarrollo (Swiney *et al.*, 2016). En contraste los embriones de los cangrejos rojos en aguas acidificadas (pH 7.7) son de embriones más grandes y yemas más pequeñas por lo que la tasa de desarrollo aumenta (Long *et al.*, 2013). Con estos estudios se ha comprobado que el pH afecta el desarrollo del embrión como en los dos casos anteriores y la alteración que se genere en esta etapa de los organismos dependerá de la especie.

8.7 Hembras viables

En este estudio todas las hembras viables, se consideraron como aquellas que a simple vista se veían sanas y vigorosas, libres de parásitos tanto en la masa de huevos como en la hembra con una masa ovígera de un color naranja homogéneo y en algunas ocasiones amarillas. Lo que coincide con otros estudios realizado en las especies de *C. sapidus* y *C. toxotes* donde las masas ovígeras viables son las amarillas o naranjas, esto indica un vitelo en buenas condiciones (Bacab-Cahuich *et al.*, 2002; Lucas Marcillo y Paladines, 2009).

El vitelo (yema) se compone principalmente de lipovitellina en la mayoría de los invertebrados marinos (Lee, 1991). La cual proporciona materiales y energía, como en los embriones de *C. sapidus* hasta que eclosionan y empiezan a alimentarse. La lipovitellina es una lipoproteína soluble en agua compuesta de lípido (48%), proteína (50%) e hidratos de carbono (2%) de alta densidad que le confiere un color naranja, en donde la clase proteica está compuesta por dos apoproteínas, denominadas Proteína A con 107 kilodaltons (kDa) y Proteína B con 78 kDa (Walker *et al.*, 2006). Mientras que la clase lipídica, se conforma en su mayoría de fosfatidilcolina (fosfolípidos) y en menor cantidad de triacilgliceroles y colesterol, junto con un carotenoide no covalentemente que da a la lipovitellina un color amarillo característico (Kerr, 1969).

Según Bacab-Cahuich y colaboradores (2002), la coloración en las masas ovígeras de *C. sapidus* de color naranja se debe por la abundancia de vitelo y enseguida por el desarrollo del embrión esta es absorbida tornando el color de los

huevos a amarillo, la cual progresivamente presenta coloraciones oscuras por la pigmentación y desarrollo de los ojos del embrión, esto concuerda con otro estudio realizado de la misma especie por García Pinto *et al.* (2013).

Sin embargo, en el presente estudio difiere de los dos autores antes mencionados, ya que en esta, la coloración de los huevos de acuerdo a la morfológica del embrión observada, el consumo de la yema para su alimentación, no ocasiona que los huevos de color naranja cambien a colores amarillos, se notó que en la diferencia entre estas dos tonalidades no hay rastro de desarrollo del embrión y el huevo está ocupado en su totalidad por las gotas de yemas, se puede suponer que las tonalidades más fuertes son causadas a una mayor concentración de lipovitellina, ya que este compuesto es de color naranja según Walker *et al.* (2006). De tal manera que en aquellas hembras grávidas viables con la masa de huevos naranja o amarillo, se puede atribuir a una diferencia en la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de los embriones, lo que le confiere una mayor intensidad en el color como en este caso del naranja.

En el presente trabajo, se observó que en las masas ovígeras de un color homogéneo en sus diferentes Estados de desarrollo, los embriones presentaron un desarrollo sincrónico en todos los huevos, lo que podría llevar a una eclosión homogénea simultánea, esto apoya lo observado en otro estudio realizado por Lucas Marcillo y Paladines (2009), con hembras ovígeras de *C. toxotes* en condiciones de laboratorio en el que todos los embriones eclosionan al mismo tiempo.

Aunque en las costas del Pacífico Mexicano, ya existen muchos estudios sobre la biología y dinámica poblacional de jaibas, aún hacen faltan estudios regionalizados y que además profundicen en la parte reproductiva, estos son fundamentales para el cultivo de la especie y para proponer estrategias adecuadas en el manejo de las pesquerías. En el país hace falta mucha información sobre el cultivo de larvas, así como en otras partes del mundo, ya que esta actividad solamente ha sido exitosa desde hace varios años en Japón, indica la SEMARNAP (1997). Algunos autores indican que el éxito en el cultivo de toda

especie marina, tiene su origen a partir de la selección de los organismos progenitores, posteriormente llevar a cabo los procedimientos de mantenimiento adecuados y las condiciones que garanticen un elevado porcentaje de huevos viables, y una progenie vigorosa (Reyes y Valdés, 1996).

El cultivo de algunas especies de crustáceos y peces comienza a partir de métodos tradicionales como la inseminación artificial o desove inducido, entre otros, pero en particular las diferentes especies de jaibas tienen su origen en la extracción de hembras ovígeras del medio natural, para posteriormente determinar medios y condiciones para los organismos (Bacab *et al.*, 2002).

8.8 Hembras no viables

Estas hembras se clasificaron en esta categoría al presentar distintos colores en la misma masa ovígera o parches negruzcos, también masas de huevos con un color homogéneo, sin embargo, ya fuera que tuvieran una textura algo gelatinosa, y en algunas ocasiones estaban parasitadas principalmente por nemertinos.

Lucas Marcillo y Paladines (2009), encontraron algunas alteraciones similares en las masas ovígeras de *C. toxotes* en donde además se presentó colonizaciones de hongos como el *Zoothamnium* spp. en la membrana de los huevos, que ocasionan la degradación de los huevos y muerte de las pre-zoeas que son infestadas por hongos o bacterias filamentosas, que se adhieren al momento de la eclosión y que son responsables de que solo se logre un 10% al no permitir la eclosión de todos al mismo tiempo. Otro estudio también ha demostrado que los hongos causan la muerte en los huevos de *C. sapidus* que son atacados por *Lagenidium callinectes* (Couch, 1942; Rogers-Talbert, 1948; Sindermann, 1977).

En el presente estudio, la presencia de hongos no se detectó en los huevos, como los del género *Zoothamnium* (protozoos ciliados y sésiles mediante un pedúnculo), y *L. callinectes* (hongos con hifas externas, tubos de salida y esporangios), las cuales se han reportado que infectan los huevos de las jaibas *Callinectes* (Couch, 1942; Rogers-Talbert, 1948; Sindermann, 1977; Lucas

Marcillo y Paladines, 2009). Pero, si se presentaron bacterias con forma filamentosa no identificadas adheridas a la membrana de los huevos, en cuanto a las masas ovígeras deterioradas o gelatinosas no se pudieron detectar los organismos responsables de este padecimiento por el estado de descomposición en el que se encontraban.

Existen algunas bacterias filamentosas, identificadas como *Leucothrix mucor*, que se han encontrado en la superficie externa de las branquias y huevos de cangrejos, así como en algas, entre otras superficies (Johnson *et al.*, 1971; Bland y Brock, 1973). Según Bland y Amerson (1974), se presentan comúnmente en la masa de huevos y ocasionalmente en las branquias del cangrejo azul (*C. sapidus*). Estas bacterias también se pueden encontrar en varios crustáceos, en los que invaden la masa de huevos, como en el caso de los cangrejos del género *Cancer*, con la sospecha de causar mortalidades de los huevos incubados (Fisher *et al.*, 1976).

Otro agente que se encontró en el presente estudio, fue un parasito del filo Nemertae (nemertinos), por su forma aplanada que comúnmente se le conoce como gusanos cintiformes (Kajihara *et al.*, 2008), de la familia Carcinonemertidae, los cuales son ectosimbionte depredadores de huevos en diferentes especies de crustáceos decápodos (Wickham y Kuris, 1985, 1988, 1987; Kuris y Wickham, Kuris, 1993; McDermott, 2006; Sadeghian y Santos, 2010 citados en Okazaki y Wehrtmann, 2014).

Por la similitud de este parasito en un estudio realizado por Okazaki y Wehrtmann (2014), cabe la posibilidad de que pertenezca al género *Carcinonemertes*, ya que no se pudo identificar de manera exacta, al estar conservados en formol junto con la masa ovígera de las hembras, y que según Thiel y Norenburg (2009) recomiendan identificarlos en vivo, debido a que fácilmente se contraen, se fragmentan, expulsan la probóscide y pierden su coloración al ser fijados en otros compuestos como la formalina o etanol.

Okazaki y Wehrtmann (2014), identificaron que los huevos de *C. arcuatus* son infestados por parásitos del género *Carcinonemertes*, en el Golfo de Nicoya, Pacífico de Costa Rica, estos nemertinos son depredadores potenciales de los huevos de jaibas y se reproducen por medio de huevos en una vaina mucosa, como lo encontrado en el presente estudio. Esto refuerza la idea que pertenezca al mismo género, además de que la costa de Chiapas se encuentra cercana a la zona de estudio del autor antes mencionado y forma parte del Pacífico de América Central. Más aún, que este género de parásito tiene una amplia distribución, incluso por el lado del Atlántico se ha encontrado que en las masas de los huevos de *C. sapidus*, son infestadas por nemertinos de la especie *C. carcinophila*, en donde existen más estudios sobre jaibas y se ha observado que los parásitos están dentro de la cavidad de las branquias, y cuando las hembras tienen expuesta la masa de huevos, estos parásitos migran hacia los huevos para alimentarse de ellos, donde maduran sexualmente y se reproducen dejando sus huevecillos en unos tubos de mucosa, para regresar nuevamente a las branquias (Hopkins, 1947; Pyle y Cronin, 1950).

Otro aspecto que llama la atención, es que los nemertinos poseen un estilete que utilizan para alimentarse principalmente de crustáceos, el cual utilizan para perforar el exoesqueleto de sus presas Thiel y Norenburg (2009), lo que hace más probable que las dos especies de jaiba del presente estudio estuvieran infestadas por gusanos con estiletos. Los parásitos que se han encontrado en *C. arcuatus* se caracterizan por tener un estilete cerca del cerebro lo cual es una característica que solo se ha observado en *Carcinonemertes* spp. (Okazaki y Wehrtmann, 2014).

En diferentes estudios, se ha observado que los organismos de la familia Portunidae, están expuestos a las enfermedades y parásitos como el nemertino *Carcinonemertes* spp. y *Octolasmis muelleri*, el cual disminuyen la viabilidad total de las futuras crías (Voris y Jeffries, 2001; Mantelatto *et al.*, 2003). Aunque es muy escasa la información en las costas del Pacífico sobre los agentes patógenos en jaibas, en particular aquellos agentes que afectan el potencial reproductivo como

en el presente estudio. Toda esta información sería de mucha utilidad para prevenir inconvenientes en la calidad de los organismos y su descendencia, mediante algunos tratamientos profilácticos que ayuden a mitigar los daños causados por contaminantes o condiciones que afecten el cultivo de jaiba.

IX. CONCLUSIONES

- *Callinectes arcuatus* fue la especie más abundante, la cual representó el 56% del total de los organismos colectados, mientras que *C. bellicosus* representó el 44%.
- Se registraron hembras ovígeras de *C. arcuatus*, a partir de una talla de 69 mm AC y para *C. bellicosus* la más pequeña fue de 109 mm AC, sin embargo, para la segunda especie respectivamente, se han encontrado hembras ovígeras de tallas más pequeñas, en otros sistemas lagunares de las costas Mexicanas del Pacífico.
- Se analizó la relación que hay entre ancho de caparazón (AC) y peso total (PT) del organismo, para *C. arcuatus* y *C. bellicosus*, en donde se demuestra que si existe una significatividad entre estas dos variables (peso y talla), aunque el valor de correlación (R^2), fue ligeramente más alto en la segunda especie, respectivamente.
- En el presente trabajo, se determinó que la cantidad de huevos aumenta, conforme los valores de la talla y el peso tienden a ser mayores. Además se encontró que la fecundidad de *C. arcuatus* y *C. bellicosus*, tienen una mayor significatividad en relación con el peso total (PT) del organismo, y es menor respecto a la talla (AC).
- Las dos especies de estudio presentan un alto potencial reproductivo, así como en otras regiones del Pacífico Mexicano, en particular para *C. bellicosus*, su fecundidad fue más alta, obteniendo un promedio de $4' 804, 675 \pm 1' 233, 751$ de huevos por hembra, en el caso de *C. arcuatus* fue más baja, con un promedio de $1' 552, 959 \pm 699, 023$ huevos. La diferencia de promedios se debe principalmente a que los organismos de *C. bellicosus* son de tallas más grandes, lo cual les permite llevar consigo una mayor cantidad de huevecillos debajo de su abdomen.

- Las hembras de *C. bellicosus*, producen huevos de mayor tamaño (volumen), cuando alcanzan su último Estado de desarrollo, en comparación de *C. arcuatus*, los cuales son más pequeños. Con lo cual se comprueba que una especie de talla grande, tiene la capacidad de producir huevos con mayores dimensiones.
- En cada uno de los Estado de desarrollo embrionario establecidos, hay una marcada diferencia en el tamaño de los huevos, y al mismo tiempo adquieren una coloración muy notoria para cada Estado, que permite diferenciar el grado de desarrollo embrionario, en las especies de *C. arcuatus* y *C. bellicosus*.
- Se registró una incidencia por grado de desarrollo embrionario para *C. arcuatus*, con 59% en el Estado inicial, 25% Estado intermedio y 16% Estado avanzado. Para *C. bellicosus*, fue de 63% en el Estado inicial, 28% Estado intermedio y 10% Estado avanzado.
- Dentro del sistema lagunar Mar Muerto, en la parte de Paredón, las hembras representaron un alto porcentaje de viabilidad, en el caso de *C. arcuatus*, las viables representaron el 94% y las no viables fue del 6%, para *C. bellicosus*, con un 91% viables y 9% no viables.
- En cuanto la alteración de la masa ovígera puede ser ocasionado por distintos microorganismos adquiridos en el medio donde se encuentran, como bacterias de forma filamentosas y parásitos nemertinos en tentativa de pertenecer al género *Carcinonemertes*.
- Una buena alternativa podría ser posible con el uso de una tecnología adecuada, para la reproducción de *C. arcuatus* y *C. bellicosus*, con el fin de repoblar las zonas donde se ha sobreexplotado este recurso.
- El estudio sobre el desarrollo embrionario de jaibas, no se había realizado en las costas del pacifico Mexicano, por lo que el presente estudio es pionero enfocada a la reproducción, para dar pauta a nuevas líneas de investigación.

X. REFERENCIAS

Ainsworth, C. H., Kaplan, I. C., Levin, P. S., Cudney-Bueno, R., Fulton, E. A., Mangel, M., Turk-Boyer, P., Torre, J., Parés-Sierra y A., Morzaria-Luna, H. N. 2011. Atlantis model development for the northern Gulf of California. U. S. Dept. Commer. NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-110. 293 pp.

Alejo-Álvarez, R. J. y C. Ávila-Martínez. 1977. Biometría y crecimiento de la jaiba (*Callinectes toxotes* Ordway 1863) en condiciones de cultivo. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. 45 pp.

Álvarez del Villar y J. Díaz Pardo. 1973. Estudio bioecológico Mar Muerto, Chiapas. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. 85 pp.

Álvarez-Flores, C. M. 2011. Evaluación del estado actual y potencial pesquero de la Jaiba, *Callinectes bellicosus*, en el estado de Sonora, México. Reporte final a Comunidad y Biodiversidad, A. C. Septiembre de 2011 (revisión de enero 2012). 77 pp.

Anónimo. 1994. Biotecnología para el cultivo de la jaiba (desarrollo científico y tecnológico para el cultivo de la jaiba). Subsecretaría de Fomento y Desarrollo Pesquero. Dirección General de Acuicultura. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Convenio SEPESCA/UNAM. 95 pp.

Arciniega-Flores, J. y J. Mariscal-Romero. 2013. Estructura poblacional y crecimiento individual de *Callinectes arcuatus* en la Laguna Barra de Navidad, Jalisco. *Ciencia Pesquera*. 21 (1): 15-26.

Arimoro, F. O. y B. O. Idoro. 2007. Ecological studies and biology of *Callinectes amnicola* (Family: Portunidae) in the lower reaches of Warri River, Delta State, Nigeria. *World Journal of Zoology*. 2 (2): 57-66.

Arnold, K. E., Findlay, H. S., Spicer, J. I., Daniels, C. L., y Boothroyd, D. 2009. Effect of CO₂-related acidification on aspects of the larval development of the European lobster, *Homarus gammarus* (L.). *Biogeosciences*. 6: 1747–1754.

Arreguín-Sánchez, F., P. Del Monte-Luna, J. G. Díaz-Urbe, M. Gorostieta, E. A. Chávez, y R. Ronzón-Rodríguez, 2007. Trophic model for the ecosystem of La Paz

Bay, Southern Baja California Peninsula, Mexico. In: Le Quesne, W. J. F., Arreguín-Sánchez, F. y Heymans, S. J. J. (eds.). *INCOFISH ecosystem models: transiting from Ecopath to Ecospace*. Fisheries Centre Research Reports 15 (6). Fisheries Centre, University of British Columbia [ISSN 1198-6727]. Vancouver, Canadá. Pp. 134-160.

Arreola-Lizárraga, J. A., Hernández-Moreno, L. G., Hernández-Vázquez, S., Flores-Verdugo, F., Lechuga-Devezé, C. y Ortega-Rubio, A. 2003. Ecology of *Callinectes arcuatus* and *C. bellicosus* (Decapoda, Portunidae) in a coastal lagoon of northwest México. *Crustaceana*. 76 (6): 651-664.

Arshad, A., Efrizal, Kamarudin, M. S. y Saad, R. 2006. Study on fecundity, embryology and larval development of blue swimming crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus 1758) under laboratory conditions. *Journal of Fisheries and Hydrobiology*. 1(1): 35-44.

Ayala-Espinoza, C. F. y L. J. Espinoza. 2000. Parámetros poblacionales de la jaiba café *Callinectes bellicosus* (Stimpson, 1859) en la bahía Santa María La Reforma, Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. 35 pp.

Bacab-Cahuich, F. J., Amador del Ángel, L. E., Valdés, A. R. y Cabrera-Rodríguez, P. 2002. Cultivo de larvas de jaiba azul *Callinectes sapidus* en condiciones de laboratorio en la Isla del Carmen, Campeche, México. I *Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura* (<http://www.civa2002.org>). Pp. 122-128.

Bagenal, T. B. 1967. A short review of fish fecundity. En: S.D. Gerking (ed.). *The biological basis of freshwater fish production*. Blackwell, Edinburgh. Pp. 89-111.

Bagenal, T. B. 1978. Aspects of fish fecundity In: Blackwell Scientific Publications, L.td (ed). *Methods of Assessment of fish production in fresh waters*. Handbook. No. 3. Pp. 89-93.

Barnes, R. D. 1975. *Zoología de los invertebrados*. Ed. Interamericana. México. 826 pp.

Barnes, W. J. P. 1975. Leg co-ordination during walking in the crab, *Uca pugnax*. *Journal of Comparative Physiology*. 96: 237-256.

Bhattacharya, G. K. 1977. *Statistical concepts and methods*. Wiley & Sons Company. New York. 639 pp.

Bland, C. E. and H. V. Amerson. 1974. Occurrence and distribution in North Carolina waters of *Lagenidium callinectes* Couch, a fungal parasite of blue crab ova. *Chesapeake Science*. 15: 232-235.

Bland, J. A. and T. D. Brock. 1973. The marine bacterium *Leucothrix mucor* as an algal epiphyte. *Marine Biology*. 23: 283-292.

Brusca, R. C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. Univ. Arizona Press, 2a. Edición. Tucson. 513 pp.

Buchanan, B. A. y A. W. Stoner. 1988. Distributional patterns of blue crabs (*Callinectes* sp.) in a tropical estuarine lagoon. *Estuaries*. 11 (4): 231-239.

Cargo, D.G. 1958. The migration of adult female blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, in Chincoteague Bay and adjacent waters. *J. Mar. Res.* 16: 180-191.

Casillas-Hernández, R., F. Magallón, G. Portillo, O. Carrillo y H. Nolasco H. 2002. La actividad de proteasa, amilasa y lipasa durante los estadios de muda del camarón azul *Litopenaeus stylirostris*. *Rev. Invest. Mar.* 23: 35-40.

Castro-Longoria, R., Ramos-Paredes, J., Montemayor-López, G. y Jiménez-Rodríguez, J. 2002. Resultados preliminares del análisis de la reproducción de la jaiba *Callinectes bellicosus*. *Mem. I Foro Científico de Pesca Ribereña*. Guaymas, Son. 17-18 de Octubre.

Castro-Longoria, R., Ramos-Paredes, J., Montemayor-López, G., Jiménez-Rodríguez, J. 2003. *Estudio de la biología reproductiva del recurso jaiba, Callinectes bellicosus, de la costa del Estado de Sonora*. Informe técnico (Documento interno). Universidad de Sonora-Instituto Nacional de la Pesca. 48 pp.

Cervantes-castro, D. 1969. Estabilidad del acceso a la laguna Mar Muerto, Chiapas, México. En: Ayala-Castañares, A. y F. B. Phleger (eds.). *Lagunas costeras un simposio*. Memorias del Simposio Internacional de Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, nov. 28-30, 1967, México, D.F. Pp. 367-376.

Chávez, E. A. y M. S. Fernández. 1976. Contribución al conocimiento de la biología de la jaiba prieta (*Callinectes rathbunae*; Decapoda Portunidae) del Estado de Veracruz. *Rev. Soc. Mex.Hist. Nat.* 27: 273-291.

Cházaro-Olvera, S., Rocha-Ramírez, A., Román-Contreras, R. 2000. Observation 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.

Chenery, M. A. 2002. Population dynamics of blue crab (*Callinectes sapidus*) in the Hudson River, New York. Thesis Master. University of Maryland. New York, E.U. 158 pp.

Choy, C. S. 1985. A rapid method for removing and counting eggs from fresh and preserved decapod crustaceans. *Aquaculture*. 48 (1): 364-372.

Churchill, E. P. 1919. Life History of the Blue Crabs. *Bulletin of the U.S. Bureau of the Fisheries*. 36 (870): 95-128.

Corey, S. 1981. Comparative fecundity and reproductive strategies in seventeen species of the Cumacea (Crustacea, Peracarida). *Mar. Biol.* 62: 65-72.

Couch, J. N. 1942. A new fungus on crab eggs. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 58: 158-162.

Darnell, M. Z., Darnell, K. M., McDowell, R. E. y Rittschof, D. 2010. Postcapture survival and future reproductive potential of ovigerous blue crabs *Callinectes sapidus* caught in the central North Carolina pot fishery. *Transactions of the American Fisheries Society*. 139: 1677–1687.

Darnell, M. Z., Rittschof, D., Darnell K. M., McDowell R. E. 2009. Lifetime reproductive potential of female blue crabs *Callinectes sapidus* in North Carolina, USA. *Marine Ecology Progress Series*. 394: 153-163.

Diarte-Plata, G. 2014. Ecología de las jaibas del género *Callinectes* (Decapoda: Portunidae) en la Laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa, México. Tesis Predoctoral. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 139 pp.

Dittel, A. I. y C. E. Epifanio. 1984. Growth and development of the portunid crab *Callinectes arcuatus* Ordway: zoea, megalopae, and juveniles. *Journal of Crustacean Biology*. 4 (3): 491-494.

DOF. 2006. Norma Oficial Mexicana NOM-039-PESC-2003, Pesca responsable de jaiba en aguas de jurisdicción federal del litoral del Océano Pacífico. Especificaciones para su aprovechamiento. *Diario Oficial de la Federación*. México. 26 de julio de 2006.

Du Preez, H. H. y A. McLachlan. 1984. Biology of three-spot swimming crab *Ovalipes punctatus* (De Haan), III: Reproduction, fecundity and egg development. *Crustaceana*. 47: 285-297.

Eggleston, D. B. 1990. Foraging behavior of the blue crab, *Callinectes sapidus*, on juvenile oysters, *Crassostrea virginica*: Effects of prey density and size. *Bull. Mar. Sci.* 46 (1): 62-82.

Escamilla-Montes, R. 1998. Aspectos de la biología de las jaibas del género *Callinectes* en el estero El Conchalito, Ensenada de la Paz, B.C.S. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marina. 107 pp.

Escamilla-Montes, R., De la Cruz-Agüero, G., Villalejo-Fuerte, M. T. y Diarte-Plata, G. 2013. Fecundidad de *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) y *C. bellicosus* (Stimpson, 1859) (Decapoda: Brachyura: Portunidae) en la Ensenada de La Paz, Golfo de California, México. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*. 29 (1): 53-61.

Estrada-Valencia, A. 1999. Aspectos poblacionales de la jaiba *Callinectes arcuatus* Ordway 1863, en la laguna de Coyutlán, Colima, México. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima, México. 77 pp.

Facendola, J. J. 2010. Predation by sub-adult red drum (*Sciaenops ocellatus*), on juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*): estimation of daily ration and seasonal variation in the contribution of blue crab to the diet. Thesis Master. University of Carolina, Wilmington. 77 pp.

FAO. 1995. Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca Pacífico Centro-Oriental. Volumen I; Plantas e Invertebrados. Roma, Italia. 646 pp.

FAO. 2016. Anuario, Estadística de pesca y acuicultura. 2014. Recuperado el 19 de julio de 2016, de <http://www.fao.org/fishery/publications/yearbooks/en.pdf>.

Félix-Pico, E. F. y F. A. García-Domínguez. 1993. Macrobenthos sublitoral de Bahía Magdalena, B.C.S. En: Salazar-Vallejo, S. I. y N. E. González (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. Com. Nal. Biodiversidad-Centro Investig, Quintana Roo, México. Pp. 389-410.

Fischer, S. y M. Wolff. 2006. Fisheries assessment of *Callinectes arcuatus* (Brachyura, Portunidae) in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Fisheries Research*. 77: 301–311.

Fisher, W. S., Rosemark R. and Nilson E. H. 1976. The susceptibility of cultured American lobsters to a chitinolytic bacterium. *Proceedings of the World Mariculture Society*. 7: 511-520.

Flores Hernández, D., Ramos Miranda, J. y Sosa López, A. (Compiladores). 2007. Estadística Descriptiva, Probabilidad y Pruebas de Hipótesis I. Ed. Gutiérrez Lara J. Universidad Autónoma de Campeche, México. 151 pp.

Fox, C. W. y C. M. Rauter. 2003. Bet-hedging and the evolution of multiple mating. *Evolutionary Ecology Research*. 5: 273-286.

García Pinto, L., Sangronis, C., Buonocore, R. y Briceño H. 2013. Aspectos reproductivos del cangrejo azul, *Callinectes sapidus*, en el sistema de Maracaibo. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 47 (3): 191-207.

García-Guerrero, M. U. y M. E. Hendrickx. 2004. Embryology of decapod crustaceans I. Embryonic development of the mangrove crabs *Goniopsis pulchra* and *Aratus pisonii* (Decapoda: Brachyura). *Journal of Crustacean Biology*. 24 (4): 666–672.

García-Montes, J. F., Gracia, A. y Soto, L. A. 1987. Morfometría, crecimiento relativo y fecundidad de la jaiba del Golfo *Callinectes similis* Williams 1966 (Decapoda: Portunidae). *Ciencias Marinas*. 13 (4): 137-161.

Gil-López, H. A. y S. Sarmiento-Náfate. 2001. *Algunos aspectos biológicos y pesqueros de las jaibas (Callinectes spp.) en el sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas*. Doc. Técnico. SAGARPA. INP. CRIP Salina Cruz, Oaxaca. 41 pp.

Gil-López, H. A. 2009. Aspectos ecológicos, biológicos y pesqueros de las jaibas (*Callinectes* spp.) en el sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. Tesis de Maestría. Área de Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. México. 89 pp.

González, P. G., García F., Rodríguez R., Galván F., Félix, E., Rodríguez A., Sicard, M. T., Maither-Legault, D. 1990. *Estudio biológico-pesquero de las jaibas*

en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Memorias II Congreso de Ciencias del Mar. CON.Habana, Cuba. 155 pp.

González-Ramírez, P. G., García-Domínguez, F. y Félix-Pico, E. 1990. Estudio biológico pesquero de las jaibas *Callinectes bellicosus* Stimpson y *C. arcuatus* Ordway de Bahía Magdalena, Baja California Sur. Informe de Proyecto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. Ref.: P220CCOR 881063. 7 pp.

Graham, D. J., Perry, H., Biesiot, P. y Fulford, R. 2012. Fecundity and Egg Diameter of Primiparous and Multiparous Blue Crab *Callinectes sapidus* (Brachyura: Portunidae) in Mississippi Waters. *Journal of Crustacean Biology*. 32 (1): 49-56.

Guillory, V., Perry, H. y Van der Kooy, S. 2001. The blue crab fishery of the Gulf of Mexico, United States: a regional management plan. Gulf States Marine Fishery Commission. Ocean springs, Mississippi. 301 pp.

Gulland, J. A. 1964. Manual of methods of fish population analysis. *FAO Fisheries Technical Paper*. 40: 1-60.

Havens, K. J. y J. R. Mc Conaugha. 1990. Molting in the mature female blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun. *Bulletin of Marine Science*. 46 (1): 37-47.

Hendrickx, M. E. 1984. Estudio de la fauna marina y costera del sur de Sinaloa, México. III. Clave de identificación de los cangrejos de la Familia Portunidae (Crustacea: Decapoda). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. 11 (1): 1-246.

Hendrickx, M. E. 1995. Cangrejos. En: Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. y Niem, V. H. (Eds). Guía FAO para la Identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen I, Plantas e Invertebrados, FAO. Roma, Italia. Pp. 565-636.

Hernández, P. y S. Palma. 2003. Fecundidad, volumen del huevo y rendimiento reproductivo de cinco especies de Porcelánidos intermareales del norte de Chile (Decapoda, Porcellanidae). *Investgaciones Marinas*. 31 (2): 35-46.

Hernández, L. y J. A. Arreola-Lizárraga. 2007. Estructura de tallas y crecimiento de los cangrejos *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* (Decapoda: Portunidae) en la laguna costera Las Guásimas, México. *Rev. Biol. Trop*. 55 (1): 225-233.

Hopkins, S. H. 1947. The nemertean *Carcinomertes* as an indicator of the spawning history of the host, *Callinectes sapidus*. *Journal of Parasitology*. 33: 46-150.

Huato-Soberanis, .L, Haro-Garay, M. J., Ramírez-Félix, E. y López-González, L. C. 2006. Estudio socio-económico de la pesquería de jaiba en Sinaloa y Sonora. Informe final. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. La Paz, BCS. 10 de marzo de 2006. 30 pp.

Instituto Nacional de Pesca. 2014. Pesca de jaiba en el litoral del Pacífico mexicano. México. INAPESCA. 79 pp.

Johnson, P. T. y J. E. Bodammer. 1975. A disease of the blue crab, *Callinectes sapidus*, of possible viral etiology. *J. Invertebr. Pathol.* 26: 141-143.

Johnson, P. W., Sieburth, J. M., Sastry, A., Arnold, C. R. y Doty, M. S. 1971. Leucothrix mucor infestation of benthic Crustacea, fish eggs, and tropical algae. *Limnology and Oceanography*. 16: 962-969.

Kajihara, H., Chernyshev, A. V., Sun, S., Sundberg, P., Crandall, F. B. 2008. Checklist of nemertean genera and species published between 1995 and 2007. *Species Diversity*. 13: 245–274.

Key, M. M., Winston, J. E., Volpe, J. W., Jeffries, W. B. y Voris, H. K. 1999. Bryozoan fouling of the blue crab *Callinectes sapidus* at Beaufort, North Carolina. *Bulletin of Marine Science*. 64 (3): 513-533.

Kerr, M. S., 1969. The hemolymph proteins of the blue crab, *Callinectes sapidus*: II. A lipoprotein serologically identical to oocyte lipovitellin. *Dev. Biol.* 20: 1–17.

Kilada R., Sainte-Marie, B., Rochette, R., Davis, N., Vanier, C., Campana, S. 2012. Direct determination of age in shrimps, crabs, and lobsters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69: 1728-1733.

Kurihara, H., Matsui, M., Furukawa, H., Hayashi, M., e Ishimatsu, A. 2008. Long-term effects of predicted future seawaterCO₂ conditions on the survival and growth of the marine shrimp *Palaemon pacificus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 367: 41–46.

Labastida-Che, A. y A. L. Núñez-Orozco. 2015. Parámetros biológicos de *Callinectes arcuatus* y *Callinectes bellicosus* en el sistema lagunar Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Ciencia Pesquera*. 23: 27-34.

Lardies, M. A. y I. S. Wehrmann. 1996. Aspects of the reproductive biology of *Petrolisthes laevigatus* (Guérin, 1835) (Decapode, Anomura, Porcellanidae). Part I: Reproductive output and chemical composition of eggs during embryonic development. *Arch. Fish. Mar. Res.* 43 (2): 121-135.

Lee, R. F. 1991. Lipoproteins from the hemolymph and ovaries of marine invertebrates. *Adv. Comp. Environ. Physiol.* 7 :187–207.

López, S. I. 1986. Estudios taxonómicos de los Crustáceos de la Familia Mijidae (Crustacea-Decapoda-Brachyura) de las Costas Este de México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. México. 90 pp.

López-Martínez, J., López-Herrera, L., Valdez-Holguín, J. E., Rábago-Quiroz C. H. 2014. Population dynamics of the swimming crabs *Callinectes* (Portunidae) components of shrimp bycatch in the eastern coast of the Gulf of California. *Rev. Biol. Mar. y Ocean.* 49 (1): 17-29.

Lorenzana Moguel, J., Rivera Velázquez, G., Peralta-Meixueiro, M. A., Penagos García, F. E. 2012. La pesquería de jaiba (Crustacea: Decapoda: Portunidae: *Callinectes* spp.), en el Sistema Lagunar Mar Muerto, Arriaga, Chiapas, México. *Lacandonia*. 6 (1): 77-84.

Long, W. C., Swiney, K. M., and Foy, R. J. 2013. Effects of ocean acidification on the embryos and larvae of red king crab, *Paralithodes camtschaticus*. *Marine Pollution Bulletin*. 69: 38–47.

Lucas Marcillo, J. M. y L. Paladines 2009. Determinación de la supervivencia de larvas de jaiba *Callinectes toxotes*, a diferentes niveles de salinidades en laboratorio, a partir de hembras ovígeras. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Manabí Facultad de Ciencias Veterinarias. Cantón Sucre, provincia de Manabí, Ecuador. 100 pp.

Mantelatto, F. L. M, O'brien, J. J. y Biagi, R. 2003. Parasites and symbionts of crabs from Ubatuba Bay, São Paulo State, Brazil. *Comparative Parasitology*. 70 (2): 211-214.

Mantelatto, F. L. M, y A. Fransozo. 1997. Fecundity of the crab *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) from the Ubatuba Región, Sao Paulo, Brazil. *Crustaceana*. 70 (2): 214-226.

Mañón-Ríos, E. 2010. Identificación de organismos silvestres que actúan como reservorio natural y su asociación en la dispersión de los virus WSSV e IHHNV en granjas camaronícolas del noroeste del Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría. CIIDIR Guasave, Sinaloa, México. 159 pp.

Mc connaughey, H. B. 1974. Introducción a la Biología Marina. Acriba, Zaragoza, España. 136 pp.

Messik, G. A. 1998. Diseases, parasites, and symbionts of blue crabs (*Callinectes sapidus*) dredged from Chesapeake Bay. *Journal of Crustacean Biology*. 18 (3): 533-548.

Meyers, T. R., Koeneman, T. M., Botelho, C., Short S. 1987. Bitter crab disease: a fatal dinoflagellate infection and marketing problem for Alaskan Tanner crabs *Chionoecetes bairdi*. *Dis. aquat. Org.* 3: 195-216.

Molina-Ocampo, R. E., Márquez-Farías, J. F. y Ramírez-Félix, E. 2006. Jaiba del Golfo de California. En: Arreguín-Sánchez, F., Beléndez-Moreno L., Méndez-Gómez-Humarán, I., Solana-Sansores, R. y Rangel-Dávalos, C. (eds.). Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y Manejo. INAPESCA-SAGARPA. Pp. 135-154.

Monreal Gómez, M. A. Y D. A. Salas de León. 1998. Dinámica y estructura termohalina. En: Tapia-García M. (ed.). El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. Pp. 13-26.

Montemayor-López, G., Jiménez-Rodríguez, J. G., Márquez-Farías, J. F. y Cadena-Cárdenas, L. 2003. *Diagnóstico pesquero y socio-económico del aprovechamiento de jaiba en el litoral del Pacífico noroeste mexicano*. Doc. Técnico. SAGARPA. INP. CRIP Guaymas, Son. 15 pp.

Morales-Zárate, M., Arreguín-Sánchez, V. F., López-Martínez, J. y Lluch-Cota, S. E. 2004. Ecosystem trophic structure and energy flux in the northern Gulf of California, Mexico. *Ecological Modelling*. 174: 331-345.

Nevárez-Martínez, M. O., López-Martínez, J., Cervantes-Valle, C., Miranda-Mier E., Morales, A. R. y Anguiano-Carrasco, M. L. 2003. Evaluación biológica y

pesquera de las jaibas *Callinectes bellicosus* y *Callinectes arcuatus* (Brachyura: Decapoda: Portunidae) en las bahías de Guásimas y Lobos, Sonora, México. En: Hendrickx M. E. (ed.). Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico Este 2 (Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans 2). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Pp. 125-138.

Noorbaiduri, S. y M. Ikhwanuddin. 2015. Artificial Crablets Production of Orange Mud Crab, *Scylla olivacea* (Herbst, 1796) Through in-vitro Fertilization Technique. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 10 (2): 102-110.

Ocampo, R. E. e I. Emilsson, 1974. Investigaciones sobre el tipo hidrológico de las lagunas litorales La Joya-Buenavista. *Anales del Instituto de Geofísica, UNAM*. 20: 21-36.

Ogawa, E. F. y C. A. S. Rocha. 1976. Sobre a fecundidade de crustáceos decápodos marinos do estado do Ceará Brasil. *Arq. Cien. Mar*. 16:101-104.

Okazaki, R. K. e I. S. Wehrtmann. 2014. Preliminary survey of a nemertean crab egg predator, *Carcinonemertes*, on its host crab, *Callinectes arcuatus* (Decapoda, Portunidae) from Golfo de Nicoya, Pacific Costa Rica. *ZooKeys*. 457: 367–375.

Ortega-Salas, A. A. 1994. Biotecnología para el cultivo de la jaiba (Desarrollo Científico y Tecnológico para el cultivo de la jaiba). Secretaría de Pesca. Subsecretaria de Fomento y Desarrollo Pesquero. Dirección General de Acuicultura. Universidad Nacional Autónoma de México. 95 pp.

Paul, R. G. K. 1981. Natural diet, feeding and predatory activity of the crabs *Callinectes arcuatus* and *C. toxotes* (Decapoda, Brachyura, Portunidae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 6: 91-99.

Paul, R. K. G. 1982. Abundance, breeding and growth of *Callinectes arcuatus* Ordway and *Callinectes toxotes* Ordway (Decapoda, Brachyura: Portunidae) in a lagoon system on the mexican Pacific coast. *Est. Coast. and Shelf Sci.* 14: 13-26.

Paul, R. K. G., Bowers, A. B. y Flores Verdugo, F. J. 1983. Growth and ecdysis of the portunid crab *Callinectes arcuatus* Ordway (Decapoda: Brachyura), with reference to the exploitation of soft-shell crabs in Sinaloa, México. Reporte final. Department of Marine Biology, Universidad de Liverpool, Port Erin, Isle of Man, Great Britain e Instituto de Ciencias del Mar, Estación Mazatlán, Sin. México. 74 pp.

Pauly, D. 1983. *Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Documento Técnico de Pesca (234). FAO. Rome, Italia. 49 pp.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical water: a manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila. 325 pp.

Plotkin, P. T., Wicksteinc, M. K. y Amos A. F. 1993. Feeding ecology of the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the northwestern Gulf of Mexico. *Mar. Biol.* 115: 1-5.

Pyle, R. y E. Cronin. 1950. The general anatomy of the blue crab *C. sapidus* Rathbun. *Chesapeake Biol. Lab. Publ.* 87. 40 pp.

Quijano, A. D. 1985. Fecundidad y crecimiento de la jaiba *Callinectes arcuatus* Ordway, 1863, en el sur de Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 65 pp.

Ramírez-Félix, E. y J. Singh-Cabanillas. 2003. La pesquería de jaiba (*Callinectes* spp.) en el Pacífico mexicano: diagnóstico y propuesta de regulación. Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura-Instituto Nacional de la Pesca, Mazatlán, Sinaloa, México. 47 pp.

Ramírez-Félix, E., Singh-Cabanillas, J., Gil-López, H. A., Sarmiento-Náfate, S., Salazar-Navarro, I., Montemayor-López, G., García-Borbón, J. A., Rodríguez-Domínguez, G. y Castañeda-Lomas, N. 2003. La Pesquería de Jaiba (*Callinectes* spp.) en el Pacífico Mexicano: Diagnóstico y Propuesta de Regulación. SAGARPA, INP. Mazatlán, Sinaloa, septiembre de 2003. 54 pp.

Ramos-cruz, S. 2008. Estructura y parámetros poblacionales de *Callinectes arcuatus* Ordway, 1863 (Decapoda: Portunidae), en el sistema lagunar La Joya-Buenavista, Chiapas, México. Julio a diciembre de 2001. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 3 (3): 259-268.

Reid, D. M. y S. Corey. 1991. Comparative fecundity of decapod crustaceans. II. The fecundity of fifteen species of anomuran and brachyuran crabs. *Crustaceana*. 61 (2): 175-189.

Reyes-Benítez, E., López-Martínez, J., Nevárez Martínez, M. O., Morales-Azpeitia, R. 2007. Dinámica poblacional de *Callinectes bellicosus* (Stimpson 1859) y *Callinectes arcuatus* (Ordway 1863) en Las Guásimas, Sonora, México durante el periodo 2002 a 2004. En: Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico Este. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Pp. 17-30.

Reyes R. y R. Valdés. Estudio sobre el manejo de reproductoras, cría de larvas y juveniles de jaiba azul *Callinectes sapidus* Rathbun en Cuba. 1996. Centro de Investigaciones Pesqueras. 22 pp.

Rodríguez, A. B. 1991. Taxonomía y Distribución de tres familias de cangrejos Oxystematos (Dorippidae, Calappidae, Leucosiidae) de la Plataforma Continental de Sureste del Golfo de México. Tesis de Licenciatura Fac. Cienc. UNAM. 96 pp.

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

Rodríguez-Rojero, A. 2004. Hábitos alimentarios de las jaibas *Callinectes bellicosus* STIMPSON y *C. arcuatus* ORDWAY (Brachyura: Portunidae) en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 114 pp.

Rogers-Talbert, R. 1948. The fungus *Lagenidium callinectes* Couch (1942) on eggs of the blue crab in Chesapeake Bay. *Biological Bulletin*. 95: 214-228.

Román-Contreras, M. 1986. Análisis de la población de *Callinectes* spp. (Decapoda; Portunidae) en el sector occidental de la Laguna de Términos, Campeche, México. *I. An. Inst. Cien. Mar. y Limnol. Univ. Nal. Autón. Méx.* 13 (1): 315-322.

Rosas-Correa, C. O. y A. J. Navarrete. 2008. Parámetros poblacionales de la jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun 1896) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 43 (2): 247-253.

Ruiz, M. F. 1978. Recursos Pesqueros de las Costas de México. Edit. Limusa. México. 130 pp.

Ruíz-Camacho, M. J., Ruíz, C., Simental, J. A., López, A., Castro-Ayón, J. A. 1985. Contribución al conocimiento biológico de *Callinectes arcuatus* (Ordway 1863) Estero el Sabalo, Mazatlán, Sin. México. 1983-1984. Memoria de Servicio Social Universitario. Escuela Ciencias del Mar UAS. 72. pp.

Safran, P. 1992. Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Marine Biology*. 112: 545-551.

Salazar, I., Macías, V. y Ramos A. 2003. *Estudio biológico pesquero para el manejo sustentable de la pesquería de jaiba Callinectes bellicosus (Stimpson, 1859) y C. arcuatus (Ordway, 1863) en las bahías de Topolobampo, Navachiste, Santa María La Reforma, Ensenada el Pabellón-Altata y Ceuta en las costas de Sinaloa, México*. Periodo: enero de 1999 a diciembre de 2001. Doc. Técnico. SAGARPA. INP. CRIP Mazatlán. 42 pp.

Salazar-Navarro, I., Macías-Sánchez, V., Ramos-González, A., Rivera-Rivera, L., Virgen-Ávila, J. A., Hernández-Covarrubias, V. y Puga-López, D. 2008. La pesquería de jaiba, *Callinectes bellicosus* (Stimpson 1859), *C. arcuatus* (Ordway 1863), y *C. toxotes* (Ordway 1863) en las bahías Ceuta, Santa María-La Reforma y Navachiste, en las costas de Sinaloa, México. En: Espino-Barr, E., Carrasco Águila, M.A., Fuentes-Mata, P., Cabral-Solís, E.G., Puente-Gómez, M. y García-Boa, A. (eds.). *Memorias del IV Foro Científico de Pesca Ribereña*. Acapulco, Guerrero. INAPESCA, SAGARPA. 9 al 11 de septiembre.

Salgado-Barragán, J., y M. E. Hendrickx. 1997. Decapods crustaceans from the pacific coast of Mexico, including new records and taxonomic remarks. *Rev. Biol. Trop.* 44 (3): 680-683.

Sánchez-Ortiz, C. A. y J. Gómez-Gutiérrez. 1992. Distribución y abundancia de los estadios planctónicos de la jaiba (Decapoda: Portunidae) en el complejo lagunar Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Rev. Investig. Cient. Univ. Autón. Baja Calif. Sur (Ser. Cienc. Mar)*. 3: 47-60.

Sarker, M., Islam S. y Uehara, T. 2009. Artificial Insemination and Early Embryonic Development of the Mangrove Crab *Perisesarma bidens* (De Haan) (Crustacea: Brachyura). *Zoological Studies*. 48 (5): 607-618.

Sarker, M., Islam, S. y Uehara, T. 2012. Embryonic development of the estuarine crab *Neosarmatium indicum* (Crustacea: Brachyura: Sesarmidae) from the mangroves of the Okinawa Island, Japan. *Univ. j. zool. Rajshahi Univ.* 31: 49-54.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, pesca y alimentación; Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2014. Programa de ordenamiento pesquero de la jaiba del océano pacífico. México. SAGARPA-CONAPESCA. 67 pp.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, pesca y alimentación; Instituto Nacional de Pesca. 2006. Sustentabilidad y pesca responsable en México. México. SAGARPA-INAPESCA. 541 pp.

SEMARNAP. 1997. Anuario Estadístico de Pesca. SEMARNAP. MEXICO.

Shaver, D. J. 1991. Feeding ecology of wild and head-started Kemp's ridley sea turtles in south Texas waters. *J. Herpetology*. 25: 327-334.

Shields, J. D., Wickham, D. E. y Kuris, A. M. 1989. *Carcinonemertes regicides* n. sp. (Nemertea), a symbiotic egg predator on the red king crab, *Paralithodes camtschatica*, from Alaska. *Can. J. Zool.* 67: 923-930.

Sindermann, C. J. 1977. Fungus disease of blue crab eggs and larvae. In: Sindermann C. J. (editor). Disease diagnosis and control in North American marine aquaculture Elsevier. Sci. Publ. Co., N.Y. Pp. 113-116.

Somers, K. M. 1991. Characterizing size-specific fecundity in crustaceans. In: Schram F.R. (ed.). Crustacean egg production. A. A. Balkema, Rotterdam. Crustacean Issues. 7: 357-378.

Soundarapandian, P., Dinakaran, G. K. y Varadharajan, D. 2014. Effect of Temperatures on the Embryonic Development, Morphometrics and Survival of *Macrobrachium Idella Idella* (Hilgendorf, 1898). *J. Aquac Res. Development*. 5 (7): 1-6. (<http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000280>).

Soundarapandian, P. y T. Tamizhazhagan. 2009. Embryonic Development of Commercially Important Swimming Crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus). *Current Research Journal of Biological Sciences*. 1 (3): 106-108.

Sparre, P. y S. C. Venema. 1995. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Documento técnico de Pesca (306.1). FAO. Roma, Italia. 420 pp.

Sprague, V., Beckett, R. L. y Sawyer, T. K. 1969. A new species of *Paramoeba* (Amoebida, Paramoebidae) parasitic in the crab *Callinectes sapidus*. *J. Invert. Pathol.* 14: 167-174.

Swiney, K. M., Long, W. C. y Foy, R. J. 2016. Effects of high pCO₂ on Tanner crab reproduction and early life history-Part I: long-term exposure reduces hatching success and female calcification, and alters embryonic development. *ICES Journal of Marine Science.* 73 (3): 825–835.

Tapia-García, M., 1997. Estructura e interacciones ecológicas de las comunidades de peces de la plataforma continental y la laguna Mar Muerto, en el Golfo de Tehuantepec, al sur del Pacífico Mexicano. Tesis de doctorado. Ciencias del Mar, UACPyP del CCH, ICML-UNAM. México. 135 pp.

Tapia-García, M., Suárez Núñez, C., Cerdaneres, G., De Guevara L., Macuitl Montes, M. C., García Abad, M. C. 1998. Composición y distribución de la ictiofauna en la Laguna del Mar Muerto Pacífico mexicano. *Rev. Biología tropical.* 46 (2): 277-284.

Tapia-García, M., García-Abad, M. C., Penagos García, F. E., Moreno Ruiz, J. L., Juárez Hernández, L. G., Ramírez Gutiérrez, J. M. y Herrera Olayo, D. 2011. Subsistemas hidrológicos de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Lacandonia.* 5 (1): 97-112.

Thiel, M. y J. Norenburg. (2009). Nemertea Gusanos Cintiformes. (A. Alemany Schmidt Trad.). Recuperado de <http://www.bedim.cl/publications/Nemertea-eng-MarineBenthicFauna2009.pdf> (Consulta 16 octubre 2016).

Tuset, V. M., Espinosa, D. I., García-Mederos, A., Santana, J. I., González, J. A. 2011. Egg development and fecundity estimation in deep-sea red crab, *Chaceon affinis* (Geryonidae), off the Canary Islands (NE Atlantic). *Fisheries Research.* 109: 373–378.

Velázquez de la Cruz, G. y J. A. Ramírez de León. 2011. Aprovechamiento de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en la Laguna Madre de Tamaulipas. Plaza y Valdés (eds.). 98 pp. (http://cspjaibatam.com/datos/jaiba_azul.pdf).

Voris, H. K. y W. B. Jeffries. 2001. Distribution and size of a stalked barnacle (*Octolasmis muelleri*) on the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Bulletin of Marine Science.* 68 (2):181-190.

Walker, A., Ando, S., Smith, G., y Lee, R. 2006. The utilization of lipovitellin during blue crab (*Callinectes sapidus*) embryogenesis. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*. 143: 201-208.

Wilcox, W. M. 2007. Blue Crab (*Callinectes sapidus*) Ecology: Review and Discussion Regarding Tisbury Great Pond. Martha's Vineyard Commission. 67 pp. (http://www.mvcommission.org/doc.php/Blue%20Crab_final2.pdf?id=18).

Williams, A. B. 1974. The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae). *Fish. Bull.* 72 (3); 685-798.

Williams, A. B. 1984. Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United State, Maine to Florida. Smith Inst. Washington, D.C. 550 pp.

World Meteorological Organization. 2017. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-ni%C3%B1ola-ni%C3%B1a-hoy>. (Consulta: 6 abril de 2017).

World Meteorological Organization. 2014. <https://public.wmo.int/es/media/press-release/no-983-%E2%80%93-organizaci%C3%B3n-meteorol%C3%B3gica-mundial-2013-uno-de-los-diez-a%C3%B1os-m%C3%A1s>. (Consulta: 6 abril de 2017).

Yi-Jay, C., Chi-Lu, S., Yong, C. y Su-Zan, Y. 2012. Modeling the growth of crustacean species. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 22: 157-187.