



**CENTRO DE INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S. C.**

Programa de Estudios de Posgrado

**PERIODO REPRODUCTIVO DEL CAMARON CAFÉ
Farfantepenaeus californiensis (Holmes, 1900) EN EL
LITORAL DE AGIABAMPO, SONORA-SINALOA, MEXICO**

Tesis

Que para obtener el Grado de

Maestría en Ciencias

En el Uso, Manejo y Preservación
de los Recursos Naturales

P r e s e n t a

Dulce Patricia Alvarado Romero

La Paz, Baja California Sur, Julio 2005

COMITÉ TUTORIAL

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega
Dr. César Augusto Salinas Zavala
M. en C. Raúl Ulloa Herrera

COMITÉ REVISOR DE TESIS

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega
Dr. César Augusto Salinas Zavala
M. en C. Raúl Ulloa Herrera

JURADO DE EXAMEN

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega
Dr. César Augusto Salinas Zavala
M. en C. Raúl Ulloa Herrera
Dr. Salvador Lluch Cota (Suplente)

RESUMEN

Periodo reproductivo del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) en el litoral de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México

El estudio de la reproducción de los organismos sujetos a explotación es crucial para el manejo del recurso. La mayoría de los estudios sobre patrones reproductivos de las especies de camarón se basan en el porcentaje de hembras maduras. El propósito de este trabajo es determinar el periodo reproductivo del camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) aplicando un Índice de Producción de Huevos (IPH), que incluya fecundidad, estructura de tallas y densidad de hembras maduras. Se hicieron muestreos mensuales de enero-diciembre de 2002, en la Bahía de Agiabampo Sinaloa-Sonora. La fecundidad fue tomada como $F = 0.0962 L^{2.9642}$. A partir de la proporción y densidad promedio (Org.ha^{-1}) de hembras maduras, se identificó un sólo periodo reproductivo en el año: de mayo a agosto. En este periodo, mayo es el mes más importante ya que la densidad fue de 176 Org.ha^{-1} , las tallas (158.5 ± 2.2 mm de longitud total LT) fueron significativamente mayores a los otros meses ($F_{(3,1428)} = 47.96 P < 0.05$). Se concluye que para definir el patrón reproductivo de camarón café es necesario contar con al menos tres indicadores aquí propuestos y que particularmente en el litoral de la Bahía de Agiabampo, el camarón café presenta un patrón reproductivo bien definido con un sólo máximo en el año.

ABSTRACT

Reproductive period of brown shrimp (*Farfantepenaeus californienses*) in bahia of Agiabampo Sinaloa-Sonora, Mexico.

Studies on the reproduction of exploited penaeid species are critical for resource management. Most of the studies about the reproductive patterns of shrimp species are based on the percentage of mature females. The objective of this work is to determine the reproductive period of the brown shrimp (*Farfantepenaeus californienses*) applying an egg production index (EPI), combining fecundity, size structure and density of mature females. Monthly samples were collected from January to December 2002, in Agiabampo Bay, Sinaloa-Sonora, Mexico. The fecundity was taken as $F = 0.0962L^{2.9642}$. From the proportion and mean density (Org.ha⁻¹) of mature females, only one reproductive period in the year was identified; this was from May to August. In this period, May is the most important month, since the density was 176 orga.ha⁻¹, and the size (158.5±2.2 mm of Total Length TL) was significantly greater than in the other months ($F_{(3,1428)} = 47.96$ $P < 0.05$). We concluded that in order to define the reproductive pattern of brown shrimp, at least we need three indexes here proposed, and that particularly in Agiabampo Bay shoreline, this species shows a well defined reproductive pattern with only one peak in the year.

DEDICATORIA

A mis padres, Francisco Alvarado Geraldo (†), y Francisca María Cecilia Romero Flores, aunque uno de ellos físicamente no esta conmigo, siempre lo esta en mi corazón.

A mis hermanos, Carlos, Imelda, Griselda, Adrián, Martín (†), y aquellos que aunque no los conozco, llevamos la misma sangre, a todos lo quiero.

A mis sobrinos, Janeth, Alisha, Bryce, “paquita”, “pipiolo”, “kisifur”, “la guerita”, “dino”, Anita, “kiki”, “guapo”, “princess”, Kali,, a ese morenito hermoso que lo llaman “chaman” y a mis otros sobrinos que desgraciadamente la distancia me limita para convivir con ellos, a todos ustedes siempre los tengo presentes.

A mis amigos, personas que siempre me han brindaron su confianza, han creído en mí, me han tomado de la mano y jalado las orejas para seguir adelante, Norma, Edna, Ernesto, Martín, Alex, a todos ellos muchas gracias, por que de una u otra forma me han dado su apoyo incondicionalmente.

Muy en especial al “doc” Aragón, a quien admiro y respeto como persona y profesionalmente, gracias por enseñarme a querer y aprender sobre los peneidos y todo lo que les rodea, por su animo en la enseñanza y trasmitir sus conocimientos, por los consejos y no haberme dejado caer cuando las cosas no salían bien, por todo su apoyo y confianza incondicional, mas que como director de tesis, como un amigo no tengo palabras para agradecerle.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT 181912) por el apoyo que me brindó al otorgarme una beca para realizar mis estudio de posgrado.

El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) que me aceptó para realizar mis estudios de maestría a través de la Dirección de Estudios de Posgrado. A las autoridades y personal de esta dirección, así como a todos los investigadores que la apoyan por medio de la docencia, mi más sincero agradecimiento.

La Unidad Guaymas del CIBNOR me apoyo a través de los proyecto 908-1G, su extensión 914-1 y EP 1.2 del programa académico “Ecología Pesquera”. El apoyo de los proyectos fue importante para la parte de análisis de muestras, datos y para la escritura de este documento. A las autoridades de la institución mi agradecimiento.

Al instituto Nacional de la Pesca, que signó con el CIBNOR, los convenios 908-1G y 914-1 para desarrollar el proyecto “Evaluación de la migración reclutamiento de las poblaciones de camarón en aguas protegidas y en el frente costero de Sinaloa y Sonora” del cual se obtuvieron los datos para elaborar esta tesis. Al CRIP-Guaymas y personal del proyecto camarón por la oportunidad de permitirme integrarme a sus actividades y aprender de las experiencias de ellos.

A los miembros de la cooperativa “SCPP Sylvia Ramírez” y pescadores por su buena disposición y apoyo logístico para desarrollar el trabajo de campo.

Al M. en C. Raúl Ulloa Herrera por su asesoría académica y revisión de mi tesis, por compartir y discutir sus conocimientos académicos y aceptar ser miembro de mi comité tutorial.

Al Dr. César Augusto Salinas Zavala por su asesoría académica y revisión de mi tesis. Pero sobre todo por su incondicional apoyo moral y económico durante mis estancias en la ciudad de La Paz.

Al Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega responsable de los proyectos 908-1G, 914-1 y EP 1.2 del CIBNOR por permitirme colaborar en sus proyectos y por fungir como mi director de Tesis.

A todos los integrantes del “SINSON” por su valiosa y entusiasta colaboración, ya que sin su buena disposición al trabajo no se hubiera logrado todos los resultados obtenidos, por todos los buenos y malos momentos que convivimos en las campañas de muestreo. Gracias a las autoridades responsables de esta investigación por confiar en un grupo de jóvenes estudiantes con muchas ganas de aprender y poner en práctica los conocimientos, para muchos de nosotros fue nuestra primera experiencia académica y laboral que dio la pauta en nuestras vidas.

CONTENIDO	Página
Resumen (Español)	
Resumen (Inglés)	
Dedicatoria	
Agradecimientos	
Listas de figuras	
Listas de tablas	
I INTRODUCCIÓN	1
I.1 Antecedentes	3
I.1.1 Generales	3
I.1.2 Área de estudio	5
I.1.3 Aspectos generales de la especie <i>Farfantepenaeus californiensis</i>	6
I.1.4 Sistemática y taxonomía	8
I.1.5 Sobre el método de talla de primera madurez	9
I.1.6 Método del periodo reproductivo	12
II OBJETIVOS	13
II.1. Objetivo general	13
II.2 Objetivos particulares	13
III JUSTIFICACIÓN	14
IV MATERIAL Y MÉTODOS	15
IV.1 Área de estudio	15
IV.2 Muestreos de organismos en campo	16
IV.3 Muestreos de organismos en el laboratorio	18
IV.4 Análisis de datos	19
IV.4.1 Relaciones morfométricas	19
IV.4.2 Porcentaje de hembras maduras	20
IV.4.3 Fecundidad	20
IV.4.4 Estructura de tallas	21
IV.4.5 Abundancia	21
IV.4.6 Índice de Producción de huevos	22
IV.4.7 Determinación de la talla de primera madurez	23
V RESULTADOS	26
V.1 Variables ambientales	26
V.2 Relación Longitud-Peso	28
V.3 Estructura de tallas	30
V.4 Madurez gonadal de las hembras de <i>Farfantepenaeus californiensis</i>	32
V. 5 Abundancia	34
V.6 Talla de primera madurez	35
V.7 Tallas de las hembras maduras	38
V.8 Índice de Producción de Huevos (IPH)	40
VI DISCUSIÓN	42
VII CONCLUSIONES	51
VIII LITERATURA CITADA	52

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Comportamiento de la producción de camarón en México de 1990 a 2002, de acuerdo al modo de producción, región o entidad federativa. Note que la escala de las graficas es distinta entre columnas. Fuente Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de Pesca (SAGARPA 2003)	4
2	Batimetría del litoral e interior del sistema lagunar costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa (tomado de Urias-Laborín et al., 2002).	16
3	Ubicación del Sistema Lagunar de Agiabampo. Los puntos indican las estaciones de muestreo.	17
4	Comportamiento de la marea en la Bahía de Agiabampo, Sonora-Sinaloa durante lo muestreos de marzo del 2002. Note la luna llena en el centro del muestreo y la ejemplificación de los lances en el primer día. Marea simulada con el programa Mar versión 0.4 (CICESE, 2002).	18
5	Representación grafica de la ecuación de fecundidad.	20
6	Temperatura superficial del agua de mar TSM (°C) promedio registrada de enero a diciembre de 2002, en el frente litoral de Agiabampo, Son-Sin. Las barras muestran la desviación estándar.	26
7	Precipitación pluvial (mm) promedio registrada de enero a diciembre de 2002, y máximo para un día del mes. Según registros de CNA para el bloque 2029.	27
8	Relaciones morfométricas del camarón café <i>F. californiensis</i> para a) ambos sexos, b) machos, c) hembras.	29
9	Distribución de frecuencias de la longitud total (mm) de <i>F. californiensis</i> fuera del Sistema Lagunar de Agiabampo. No se encontraron <i>F. californiensis</i> en los meses de septiembre y diciembre.	31
10	Frecuencia mensual de hembras maduras (estadios III y IV) y machos (estadio II) de camarón café <i>Farfantepenaeus californiensis</i> del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.	33
11	Abundancia de hembras maduras de camarón café <i>Farfantepenaeus californiensis</i> .	34
12	Regresión lineal simple para la obtención de los parámetros de la talla de la primera madurez	35

13	Longitud de primera madurez de camarón café <i>Farfantepenaeus californiensis</i> del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa	36
14	Frecuencia acumulada(observada y calculada) de tallas de las hembras maduras de camarón café <i>Farfantepenaeus californiensis</i> del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa	37
15	Longitud total promedio de las hembras maduras de camarón café <i>Farfantepenaeus californiensis</i> del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.	38
16	Producción total de huevos de camarón café <i>Farfantepenaeus californiensis</i> del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.	40
17	Curva de producción total acumulada de huevos	41

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Indicadores de la producción pesquera de camarón en el Pacífico mexicano de 1990 a 2002. Según tipo de pesquería. Fuente Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de Pesca (SAGARPA 2003).	5
II	Clasificación morfocromática de la madurez gonadal de hembras de camarón café <i>F. californiensis</i> .	19
III	Numero de hembras maduras e inmaduras en estructuras de tallas, encontradas durante todo el periodo de muestreo (enero-diciembre de 2002) en Agiabampo, Sin-Son.	25
IV	Parámetros obtenidos utilizando la ecuación potencial $W = aLt^b$ para el modelo longitud-peso de <i>F. californiensis</i> .	28
V	Distribución nominal y porcentual de hembras inmaduras (estadios I y II) y maduras (estadios III y IV) de camarón café. En el Litoral costero de Agiabampo.	33

I. INTRODUCCIÓN

Dentro del sector pesquero, la producción de camarón en México es una de las actividades económicas más importantes, debido a la cantidad de divisas que produce por concepto de exportación; además de ser generadora de una diversidad de empleos, tanto en la fase de captura, como en las actividades colaterales (INP, 2001). Esta actividad se realiza en los dos litorales del País; el Golfo de México y el Océano Pacífico. La producción de camarón proviene de dos fuentes: el cultivo y la pesca; esta última se realiza en altamar por embarcaciones mayores, y por pequeñas embarcaciones en sistemas lagunares costeros y bahías, actividad que se conoce como pesca de ribera (Aragón-Noriega, 2001).

Actualmente, la pesquería cuenta con un Plan de Manejo en el que se establece un período de vedas sobre el recurso durante los meses de marzo a septiembre, cuyas fechas exactas pueden variar de acuerdo a los procesos de desove masivo, crecimiento e intensidad del reclutamiento de adultos a las zonas de pesca. La época de captura se realiza por temporada, iniciándose a finales de septiembre o principios de octubre hasta el mes de marzo de cada año (INP, 2001).

La pesca comercial de camarón en el Pacífico es la de mayor importancia en México en cuanto a valor económico, y tiene además una enorme relevancia desde el punto de vista social ya que genera más de 40, 000 empleos directos. La cifra media de captura de camarón ronda las 35,000 toneladas, además de unas 30,000 toneladas producidas en cultivos (INP, 2001).

Las capturas de camarón en el Pacífico Mexicano se componen principalmente de cinco especies: camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*), camarón blanco (*L. vannamei*), camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*), camarón rojo o cristal (*F. brevirostris*), y el camarón blanco del sur (*L. occidentalis*). Los estados más productivos tanto en cultivo y pesca son Sonora y Sinaloa. Estos estados aportan el 51 % de la producción nacional de la pesca de altamar y el 89 % de la producción nacional de camarón cultivado (Aragon-Noriega, 2001). Las especies que se capturan principalmente en estos estados son: camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*), camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y camarón blanco (*L. vannamei*) (Alcántara-Razo, 2005).

El manejo pesquero del recurso camarón realizado hasta la fecha en el Pacífico Mexicano ha sido basado en indicadores poblacionales, obtenidos tanto de datos independientes de la flota comercial como de aquellos obtenidos de las capturas, y la medida principal de regulación ha sido la veda temporal. Esta regulación busca favorecer el proceso reproductivo de las especies, garantizar la continuidad de la pesquería y de las poblaciones a niveles rentables desde los puntos de vista biológico y económico (INP, 2001).

En este estudio se describe el ciclo reproductivo de *Farfantepenaeus californiensis* con un nuevo índice que incluye los indicadores, de abundancia, fecundidad y estructura de tallas. El índice utilizado hasta el momento para determinar el periodo reproductivo del camarón café solo incluye el porcentaje de hembras maduras, con el

nuevo índice, propuesto en este estudio, se pretende corroborar o refutar los meses de máximo pico de madurez que ya se han descrito para esta especie en el litoral de Agiabampo Sonora-Sinaloa.

I.1 ANTECEDENTES

I.1.1 Generales

El término camarón incluye varias especies de diferentes familias. En México las más importantes, desde el punto de vista comercial, son las que pertenecen a la familia Penaeidae (Gracia, 1992). En México se explota comercialmente el camarón en dos grandes regiones: el Océano Pacífico y el Golfo de México. En ambas regiones las especies más importantes pertenecen a los géneros *Litopenaeus* (camarón blanco y azul) y *Farfantepenaeus* (camarón café y rojo). Existen otros géneros de camarón cuyo valor comercial es comparativamente bajo, pero igualmente representados en ambas regiones, éstos son: *Sicyonia* (camarón de roca), *Xiphopenaeus* (camarón siete barbas) y *Trachypenaeus* (camarón botalón).

Los volúmenes anuales de captura a nivel nacional fluctúan alrededor de las 63,000 toneladas, siendo las del Pacífico Mexicano estimadas en 40,000 toneladas anuales, de las que los Estados de Sonora y Sinaloa aportan un 71 % (Figura 1) y el restante los Estados de Oaxaca y Chiapas (Aragón-Noriega, 2001). En el Estado de Sinaloa la flota ribereña reporta una captura promedio de camarón similar a la de altamar, mientras que la pesquería de ribera de Sonora es muy baja comparada con la de altamar (tabla I).

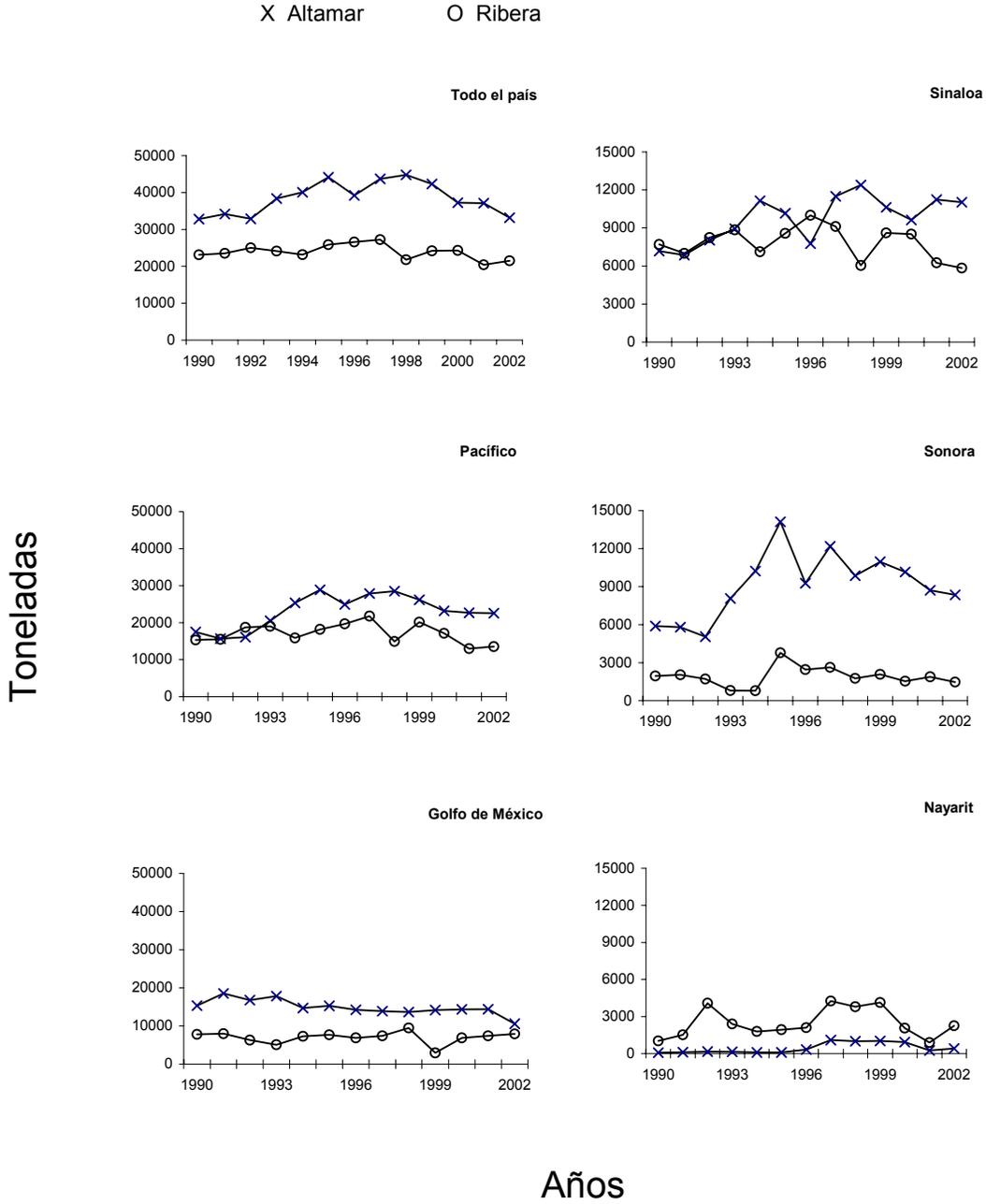


Figura 1. Comportamiento de la producción de camarón en México de 1990 a 2002, de acuerdo al modo de producción, región o entidad federativa. Note que la escala de las graficas es distinta entre columnas. Fuente Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de Pesca (SAGARPA 2003).

Tabla I. Indicadores de la producción pesquera de camarón en el Pacífico mexicano de 1990 a 2002. Según tipo de pesquería. Fuente Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de Pesca (SAGARPA 2003)

	Pacífico		Sinaloa		Sonora	
	Altamar	Ribereña	Altamar	Ribereña	Altamar	Ribereña
Promedio	23,075	17,141	9,731	7,836	9,126	1,913
Desviación	4,528	2,690	1,808	1,293	2,590	777
Intervalo	2,562	1,522	1,023	732	1,466	440
Error	1,307	777	522	373	748	224
IDS	20%	16%	19%	17%	28%	41%

IDS = Índice de Desviación Estándar

I.1.2 Área de estudio

La Bahía Agiabampo ha sido un área estudiada por varios autores en diferentes aspectos. Arenas-Fuentes (1969), realizó un estudio sobre la distribución y variación de los factores ambientales; Gómez-Aguirre, *et al.*, (1975), en sus investigaciones sobre fitoplancton marino y de lagunas costeras, encontrando que el fitoplancton estaba compuesto por comunidades locales representadas por los géneros de diatomeas; cianofitas y por comunidades de origen nerico, el cual y reporta que estas comunidades de fitoplancton son capaces de sostener los consumos por el zooplancton, sin agotarse; Ayala-Castañares *et al.* (1970), hicieron estudios en diferentes aspectos geológicos, el cual determino que este cuerpo de agua es somero como resultado de un asolvamiento, debido a aportes de material sedimentario terrestre;

Por otro lado, Licea (1971, 1974), estudia la sistemática y distribución de las diatomeas encontrando 250 especies de diatomeas y reporta que su está determinada fundamentalmente por la marea y la salinidad; Signoret, (1975) realizo estudios sobre ctenóforos (*Pleurobrachia bachei*) reportando esta especie en primavera. Zamora y Gómez-Aguirre (1985) encontraron nueva especie de copépodo, estableciendo sus relaciones morfológicas y ecológicas con otras especies del grupo; Ortega *et al.* (1986) trabajó en la caracterización de la flora, haciendo un listado florístico inicial de la vegetación sumergida en esta laguna,

Manzano-Sarabia (2003), determinó que las especies de camarones peneidos que habitan la Bahía de Agiabampo fueron: *F. californiensis* (siendo ésta la más abundante durante el año de estudio), *L. stylirostris*, *L. vannamei*, *S. penicillata* y *S. disdorsalis*, considerándose como incidental la presencia de las dos últimas. Romero-Sedano *et al.* (2004) encontraron que dentro de la laguna de Agiabampo el camarón café puede llegar a presentar estadios de madurez avanzado.

1.1.3 Aspectos generales de la especie *Farfantepenaeus californiensis*

Los camarones peneidos son crustáceos decápodos que habitan en los sistemas costeros de las zonas tropicales y subtropicales, se encuentran muy ligados a los esteros, lagunas y bahías que son cuerpos de agua costeros muy enriquecidos de materia orgánica (García y Le Reste 1986). Por los requerimientos derivados de su ciclo de vida, existen camarones netamente marinos, camarones que pasan una parte de su ciclo de vida o incluso pueden no ingresar en las lagunas costeras de

esteros y especies de camarones que necesitan de los cuerpos de agua costeros para completar su ciclo de vida (García y Le Reste 1986, Del Valle 1987).

Las especies del género *Farfantepenaeus* se reproducen en mar abierto, generalmente por la noche, es desovador parcial en lo individual y a nivel poblacional presenta 1 o 2 desoves masivos al año (Edwards, 1978; Penn, 1980). Su potencial reproductivo es de 0.5 a 1.5 millones de huevecillos (Rodríguez de la Cruz, 1981; Pérez-Velázquez & Gracia, 2000). Después del desove y posterior a la eclosión los huevecillos presentan el inicio del desarrollo larvario. La primera fase de la vida de los peneidos costeros tiene lugar en mar abierto durante un periodo de tres semanas a un mes (fase larvaria), y después en la zona costera: en bahías, en estuarios, en pantanos de manglares que son ricos en alimento, o en vegetación sumergida (estado juvenil y subadulto). Según progresa su desarrollo, el camarón emigra hacia zonas más profundas fuera de los sistemas lagunares, de esta manera, los organismos juveniles emigran fuera de los sistemas hasta alcanzar su desarrollo adulto ocurriendo una emigración hacia el mar donde tiene lugar el desove. No obstante, algunos peneidos desovan en estuarios (García y Le Reste, 1981), como lo es el camaron café (*F. californiensis*), reportado por Romero-Sedano, *et al* (2004) el cual describen por primera vez su ciclo reproductivo en el interior de la Bahía de Agiabampo Sonora-Sinaloa.

I.1.4 Sistemática y taxonomía

La clasificación del género *Penaeus* ha tenido cambios a lo largo del tiempo, se ha dividido en varios subgéneros y posteriormente algunos subgéneros se han elevado a categorías taxonómicas de género. Pérez-Farfante (1969), divide el género *Penaeus* en cuatro subgéneros: *Litopenaeus*, *Penaeus*, *Melicertus* y *Fenneropenaeus*. Burukovsky (1972) propone un nuevo subgénero *Farfantepenaes* y clasifica a algunas especies del género *Melicertus* dentro de este subgénero. Debido a la importancia de las estructuras reproductivas externas e internas, Pérez-Farfante y Kensley (1997) elevan cinco subgéneros de *Penaeus* a un nivel genérico: *Litopenaeus*, *Farfantepenaes*, *Fenneropenaeus*, *Marsupenaes* y *Melicertus*.

Los camarones constituyen un grupo de crustáceos que alcanzan tallas muy diversas, desde unos milímetros hasta aproximadamente 35 cm de longitud total. El cuerpo de los camarones es casi siempre comprimido lateralmente, con el rostro generalmente comprimido y dentado, el abdomen largo (más largo que el caparazón o cabeza). La mayor parte de las especies son bentónicas y en la fase adulta viven sobre fondos muy variados (Hendrickx, 1996).

Jerarquía taxonómica determinada para la especie objeto de estudio (ITIS Report):

Phylum	<u>Arthropoda</u>
Subphylum	<u>Crustacea</u> Brünnich, 1772
Clase	<u>Malacostraca</u> Latreille, 1802
Subclase	<u>Eumalacostraca</u> Grobben, 1892
Superorden	<u>Eucarida</u> Calman, 1904
Orden	<u>Decapoda</u> Latreille, 1802
Suborden	<u>Dendrobranchiata</u> Bate, 1888
Superfamilia	<u>Penaeoidea</u> Rafinesque, 1815
Familia	<u>Penaeidae</u> Rafinesque, 1815
Género	<u>Farfantepenaeus</u> Burukovsky
Especie	<u>Farfantepenaeus californiensis</u> (Holmes, 1900)

I.1.5 Sobre el método de talla de primera madurez

La longitud media de primera reproducción, ó longitud media de madurez sexual, se puede definir como la longitud a la cual el 50 % de todos los individuos están sexualmente maduros (King, 1995). Para obtener la talla que representa el 50 % de hembras maduras se ha empleado universalmente una ecuación logística donde se relaciona la longitud de los organismos contra la proporción o frecuencia relativa de madurez a cierta talla (King, 1995; Leal-Gaxiola, 1999; Rábago-Quiroz, 1999; Roa *et al.*, 1999; López-Martínez, *et al.* 2002).

Los datos que se utilizan para definir el modelo logístico varían en la literatura; e.g. Leal Gaxiola (1999) utilizan solo las hembras maduras y las presentan en forma acumulada contra la longitud. De esta forma obtienen el modelo de forma logística. Sin embargo, a una misma talla no todas las hembras se encuentran maduras; e.g. King (1995) menciona que se deben considerar todas las hembras de una misma talla que estén maduras e inmaduras para obtener una proporción de hembras maduras a cada talla y obtener el modelo logístico al relacionar esta proporción contra la talla.

El método original es el que se basa en la curva acumulativa de madurez a cada talla y está basada en el Método conocido como “Jackknife” (es decir corte de navaja) este método consiste en suponer que todo ocurrió instantáneamente, en este caso se supone que todas las hembras maduraron en el mismo momento. Este método fue introducido en ciencia pesquera por Beverton y Holt (1957). Esto es un tanto arbitrario que simplemente toma la edad o talla cuando 50 % de los individuos cumplen un supuesto (edad de reclutamiento, selectividad, madurez, etc.). Para ello se toma una muestra de la población de preferencia de todo el año y se encuentra la talla a la cual el 50 % de las hembras están maduras. La definición sería la talla de primera madurez se define como la longitud media a la cual el 50 % de las hembras ha alcanzado la madurez. El cálculo que utiliza todas las hembras, maduras y no maduras tiene implícito el concepto de tiempo. Si todas las hembras maduraran simultáneamente entonces ambos métodos resultarían en estimaciones similares.

La diferencia entre los métodos para la obtención de los datos es evidente. Al revisar los gráficos e.g. King (1995) contra Leal Gaxiola (1999). Cuando se utilizan solo las hembras maduras y se acumula su frecuencia relativa contra longitud se obtiene valores observados y calculados idénticos y valores de R^2 por arriba de 0.999. Esto nos dice que no hay necesidad de ajustar ningún modelo y que con solo tender una línea del cruce del 50 % a la talla se determina ésta. Cuando se consideran todas las hembras de una misma talla la proporción observada contra la calculada generan una diferencia que se refleja en la necesidad de utilizar una ecuación logística para el cálculo de L_m (longitud de primera madurez o longitud a la cual corresponde el 50% de las hembras ovigeras).

La razón de esta diferencia se genera en la interpretación del método que se utiliza. La ecuación logística se deriva de la misma ecuación propuesta para la determinación de la talla de primera captura (King, 1995; Sparre y Venema, 1995). Sin embargo, Sparre y Venema (1995) no se explican la forma o tratamiento que se le debe aplicar a los datos y varios autores los citan y siguen el mismo tratamiento de datos como si estuvieran determinando la talla de primera captura (Leal-Gaxiola, 1999; Rábago-Quiroz, 1999; López-Martínez *et al.*, 2005). El tratamiento de datos está basado en lo del Jackknife , (es decir corte de navaja). La razón para obtener una proporción de hembras madura a cada talla tomando en cuenta las hembras inmaduras y maduras a cada talla se explica en Roa *et al.*, (1999) y en King (1995) se aclara que la diferencia entre las ecuaciones donde se obtiene talla de primera captura y talla de primera madurez radica en los datos de entrada de los modelos. Debiendo éstos ser una proporción de hembras maduras en relación con las

hembras totales de cada talla. Otros autores han seguido esta metodología para determinar la talla de primera madurez en crustáceos (Chul-Woong y Hartnoll, 1999; Roa *et al.*, 1999; Robertson y Batler, 2003) y también para peces (Love y Brooks, 1997; Love y Jonson 1999).

I.1.6 Método del periodo reproductivo

La mayoría de los estudios sobre periodos reproductivos de las especies de camarón se basan en el porcentaje de hembras maduras (Mathews, 1981; López-Martínez *et al.*, 1999; Leal-Gaxiola *et al.*, 2001), tomando en cuenta sólo este porcentaje, se ha definido el periodo reproductivo de camarón café como continuo a lo largo del año (Garduño-Argueta y Calderón-Pérez, 1995). Continuo pero con dos máximos al año (Mathews, 1981; Leal-Gaxiola *et al.*, 2001). Este es un método sesgado (García, 1985) de la reproducción de la población y debe ser combinado con indicadores de abundancia de los adultos y fecundidad a cierta talla y estructura de tallas de la hembras maduras en cada mes del año.

II. OBJETIVOS

II.1 Objetivo general

Evaluar un Índice de Producción de Huevos (IPH), que incluya fecundidad, estructura de tallas y densidad de hembras maduras para determinar el periodo reproductivo de camarones peneidos: Caso; *Farfantepenaeus californiensis*, en el litoral de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México,

II.2 Objetivos particulares

1. Determinar la estructura de tallas en un ciclo anual del camarón café *Farfantepenaeus californiensis*, en el litoral de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.
2. Determinar las fases de madurez en un ciclo anual del camarón café *Farfantepenaeus californiensis*, en el litoral de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.
3. Determinar la abundancia en un ciclo anual del camarón café *Farfantepenaeus californiensis*, en el litoral de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.
4. Aplicar un Índice de Producción de Huevos que incluya fecundidad, estructura de tallas y densidad de hembras maduras, en el litoral de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.

III. JUSTIFICACION

Para poder manejar sustentablemente una pesquería debemos comprender la dinámica poblacional del recurso. Uno de los conocimientos biológicos necesarios para administrar una pesquería son las características de la reproducción de la especie objetivo. El manejo se funda básicamente en proteger a los organismos en la etapa reproductiva ya que es la base del mecanismo de renovación del recurso, cuyo conocimiento determina, en alto grado, las medidas regulatorias que se adopten para su administración.

El método utilizado hasta el momento para determinar el periodo reproductivo del camarón café sólo incluye el porcentaje de hembras maduras. Este es un índice sesgado (García, 1985) de la reproducción de la población y debe ser combinado con indicadores de abundancia de los adultos y fecundidad a cierta talla.

Incluyendo la combinación de estos tres indicadores se pretende corroborar o refutar los meses de máximo pico de madurez, que ya se han descrito para esta especie en el litoral de Agiabampo Sonora-Sinaloa.

IV. MATERIAL Y METODOS

Los datos fueron generados en el Proyecto: “Evaluación de la migración y reclutamiento de camarón en aguas protegidas y en el frente costero de la bahía de Agiabampo, Sinaloa y Sonora”. CIBNOR-INP

IV.1 Área de estudio

El sistema lagunar de Agiabampo (SLA) se ubica en la porción oriental central del Golfo de California en el litoral de los estados de Sonora y Sinaloa, entre las coordenadas geográficas 26°07' y 26°29' de latitud norte y 109°18' y 109°06' de longitud oeste (Figura 2). Es un sistema costero con una extensión de 184 km², se comunica con el mar adyacente con una boca de 2 km y presenta una batimetría irregular dominada por un sistema de bajos y canales de sección transversal estrecha y profunda que alimentan a los subsistemas: Estero Bamocha hacia el norte, Estero Bacorehuis al este y a la Bahía Jitzamuri al sur. La profundidad máxima es de 16 m en el área del canal principal adyacente a la boca y la profundidad media es de 7.5 m en los canales secundarios (con respecto al nivel medio del mar). Las áreas más someras de este sistema costero corresponden a la cabeza de los tres subsistemas. El litoral costero de Agiabampo es una planicie de baja pendiente que se extiende con un canal de hasta 20 metros de profundidad por la parte sur de la boca del sistema (Urias-Laborín *et al.*, 2002).

La precipitación acumulada anual durante 2002 fue de 131 mm y la evaporación acumulada anual, del mismo año, fue de 1813 (Urías-Laborín *et al.*, 2002).

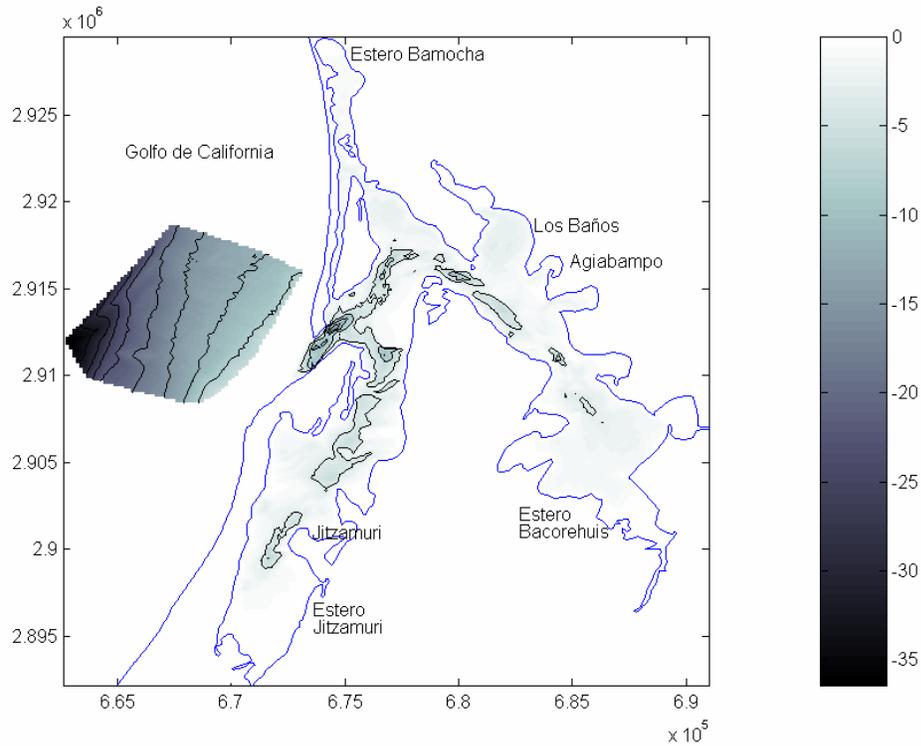


Figura 2. Batimetría del litoral e interior del sistema lagunar costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa (tomado de Urias-Laborín *et al.*, 2002).

IV.2 Muestras de organismos en campo

Se recolectaron organismos en el litoral frente a la laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa (Figura 3). Se realizaron muestreos biológicos mensuales de las poblaciones de camarón durante cinco días continuos (día de luna llena \pm 2 días) a bordo de embarcaciones menores tipo “Bugui” con 23 pies de eslora, con motor fuera de borda

de 75 HP. Se utilizaron redes de arrastre de 15 m de relinga superior y luz de malla de 32 mm. Los arrastres se efectuaron cada hora y media durante la bajamar y pleamar (figura 4) cada uno con duración de 15 minutos. Los sitios de captura se establecieron tomando la boca del sistema como centro y desde la línea de costa hasta la profundidad de 9 metros. De la boca hacia el norte o sur se hicieron lances hasta una distancia de 2 km. Para cada lance se tomó el registro de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) (TSM). La salinidad (UPS) fue tomada en la boca del SLA durante los meses de Enero a Mayo, Julio, Octubre y Noviembre.

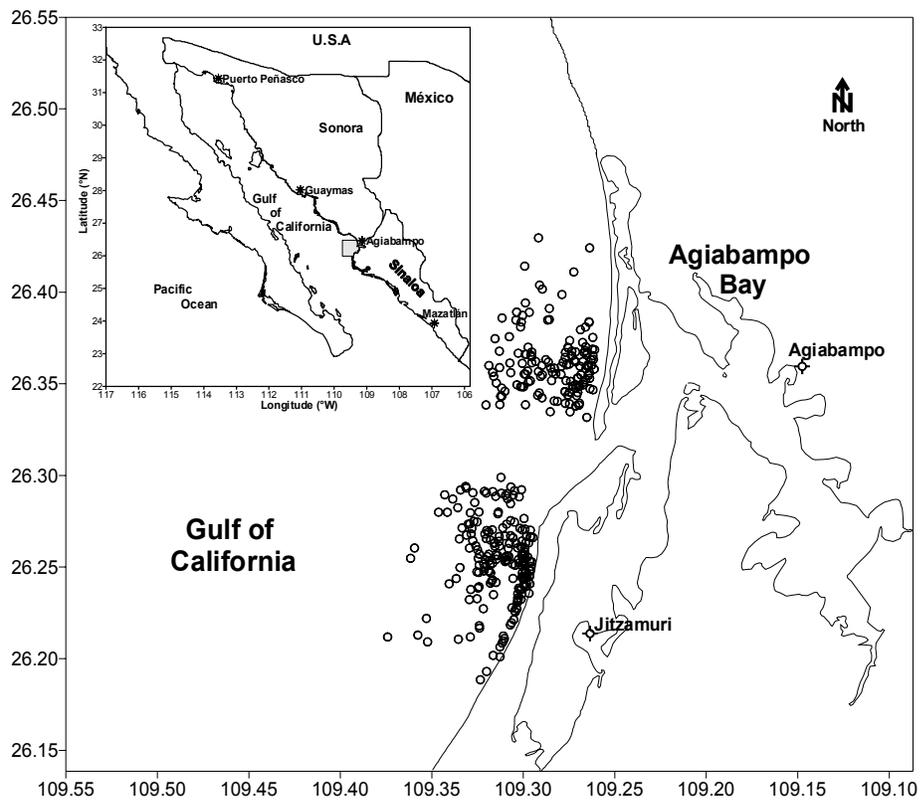


Figura 3. Ubicación del Sistema Lagunar de Agiabampo. Los puntos indican las estaciones de muestreo.

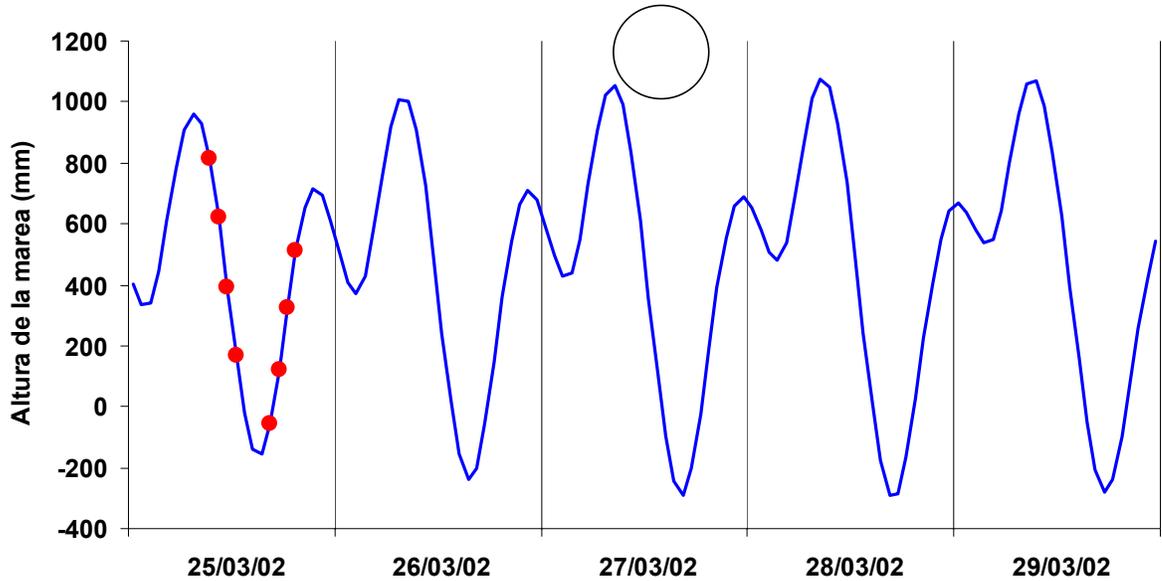


Figura 4. Comportamiento de la marea en la Bahía de Agiabampo, Sonora-Sinaloa durante los muestreos de marzo del 2002. Note la luna llena en el centro del muestreo y la ejemplificación de los lances en el primer día. Marea simulada con el programa Mar versión 0.4 (CICESE, 2002).

IV.3 Muestreos de organismos en laboratorio

En el laboratorio se realizó la identificación de los organismos utilizando claves propuestas por Pérez-Farfante (1988) y Hendrickx (1995). Posteriormente se separaron por sexos y después por grados de madurez. Para la biometría de los organismos se consideró; longitud total (tomada desde la parte distal del rostro a la parte distal del telson con una precisión de 1 mm), peso total, longitud abdominal (una vez removida la cabeza desde el borde remanente del abdomen hasta la parte distal del telson con una precisión de 1 mm), peso abdominal.

El grado de madurez gonádica de la hembra fue determinada según la escala morfocromática propuesta por Barreiro Güemes (1986) (tabla II).

Tabla II. Clasificación morfocromática de la madurez gonadal de hembras de camarón café *F. californiensis*.

ETAPA	COLORACIÓN	ASPECTO MACROSCÓPICO
Inmaduras	Transparente	Delgada confinada al abdomen
Madurando	Blanca	Más gruesa, lóbulos cefalotorácicos incipientes
Maduras	Verde oscuro	Muy gruesa y granulosa, ocupando todo el cefalotórax
Desovadas	Transparente	Flácida y delgada

Los machos se consideran maduros una vez que se había formado el petasma por la unión de los endopoditos del primer par de pleópodos, cuando estaban separados se consideraron inmaduros (Pérez-Farfante, 1988).

IV.4 Análisis de datos

IV.4.1 Relaciones Morfométricas

Las relaciones morfométricas de cada uno de los sexos de *F. californiensis* fueron determinadas con el peso total (g) y longitud total (mm), utilizando una ecuación potencial de la forma:

$$W_t = aL_t^b \dots\dots\dots(1)$$

donde:

W_t es el peso total del organismo, a es el intercepto, L_t es la longitud total y b es la pendiente. El crecimiento se considera isométrico cuando b es cercano al valor de tres.

IV.4.2 Porcentaje de hembras maduras

Para determinar el porcentaje de hembras maduras a lo largo de todo el período de muestreo, se contaron las hembras maduras y se dividieron entre el número total de hembras en cada mes de muestreo, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$X_i = \frac{H_{mi}}{H_{ti}}(100) \dots\dots\dots(2)$$

donde:

X_i : porcentaje de hembras maduras en el mes i ; H_m : número de hembras maduras en el mes i ; H_t : número total de hembras en el mes i .

IV.4.3 Fecundidad

La fecundidad que fue determinada por Rodríguez de la Cruz (1981) y presentada en la ecuación siguiente:

$$F = 0.0962 L^{2.9642} \dots\dots\dots(3)$$

donde:

F: cantidad de óvulos, L: longitud de la hembra. Es una ecuación que aumenta potencialmente conforme incrementa su longitud (Figura 5).

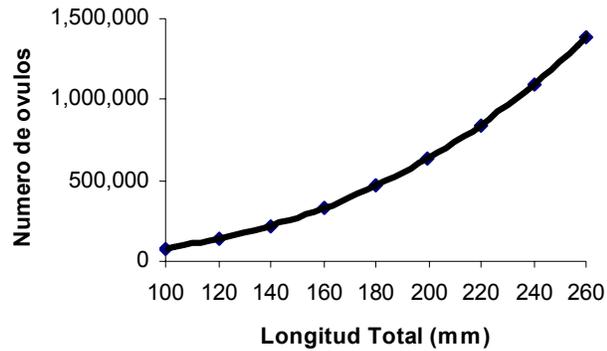


Figura 5. Representación grafica de la ecuación de fecundidad (Rodríguez de la Cruz, 1981).

IV.4.4 Estructura de tallas

Para la estructura de tallas se agruparon a las hembras del camarón café en organismos inmaduros (estadios I y II) y maduros (estadios III y IV) en intervalos de longitud total de 5mm para cada mes de muestreo.

IV.4.5 Abundancia

La abundancia relativa fue determinada por el Método de Área Barrida similar al descrito en Sparre y Venema (1998), expresada en este trabajo como número de organismos por hectárea:

$$A = \frac{C}{a}(h) \dots\dots\dots(4)$$

donde:

A: número de organismos/ha; C: tamaño de la captura en cada arrastre (número de organismos); a: total del área muestreada en m² (abertura de la red de arrastre (m) multiplicada por la distancia recorrida (m) y h = 10,000 m².

Se utilizó h como factor de conversión de metros cuadrados a hectáreas. La abertura de la red de arrastre es considerada como la distancia horizontal que existe entre las puertas del arte de pesca cuando éste se encuentra operando, la cual fue de 5.5 m. Se consideró un área de arrastre constante ya que el tiempo, la velocidad y la abertura de la red se consideraron constantes en este estudio. La distancia recorrida se calculó a partir de la ecuación:

$$d = v \cdot t \dots\dots\dots(5)$$

donde:

d: distancia recorrida (m); v; velocidad (0.51 m·s⁻¹) y t: tiempo de arrastre(10 minutos).

IV.4.6 Índice de Producción de Huevos (IPH)

El Índice de Producción de Huevos (IPH), es similar a lo propuesto por Courtney y Masel (1997) y fue determinado por la combinación de la estructura de talla, fecundidad y abundancia de hembras maduras:

$$IPH = \sum_{i=1}^n (0.0962 L_{ci}^{2.9642}) (PL_{ci} a) \dots\dots\dots(6)$$

donde:

IPH: Índice de Producción de Huevos, *i* es la *iesima* clase de talla, L_{ci} : valor de la clase *i*, PL_{ci} es la proporción de clase *i* en un mes particular, a_i : es la abundancia de hembras maduras en un mes determinado.

IV.4.7 Determinación de la talla de primera madurez

El grado de madurez gonádica de las hembras se determinó con base en una escala morfocromática descrita por Barreiro-Guemes (1986). Esta escala considera cuatro estadios: I inmaduro, II madurez en desarrollo, III madurez avanzada y IV desovada.

La talla de primera madurez se determinó de acuerdo al siguiente protocolo metodológico:

- 1) Se agruparon los organismos inmaduros (estadios I y II) y maduros (estadios III y IV) en intervalos de longitud total de 5mm desde 50 hasta 250mm (columnas 1 a 3 de la tabla III)
- 2) Del número total de organismos (maduros e inmaduros) de cada talla se obtuvo la proporción de los maduros (columna 4 de la tabla III).
- 3) La proporción de hembras maduras en cada talla es dividida entre la mayor proporción de hembras maduras encontrada en todas las tallas (columna 5 de la tabla III). Esto con el objetivo de representar la proporción de la población reproductiva en cada talla. Ya que se asume que la mayor proporción de hembras maduras en cierta talla representa el porcentaje de la población que se encuentra madura.

4) Finalmente se obtiene una relación entre la longitud total contra las proporciones ajustadas de cada talla y usando el modelo descrito por King (1995):

$$P = \frac{1}{1 + e^{-r(L-L_m)}} \quad \text{de la que se obtiene} \quad \ln\left(\frac{1-P}{P}\right) = rL_m - rL$$

donde:

P: proporción de hembras maduras; r: pendiente de la curva y L_m : longitud de primera madurez o longitud a la cual corresponde el 50 % de las hembras ovígeras.

Posteriormente se graficó $\ln\left(\frac{1-P}{P}\right)$ contra L y usando regresión lineal simple se calculan los valores de los parámetros de ajuste de la línea para posteriormente obtener

$$r = -b$$

$$L_m = a/r$$

Sustituyendo los valores de r y L_m en la ecuación de talla de primera madurez, se calculó la proporción de hembras maduras para cada talla y se restaron de las proporciones observadas. Aplicando el criterio de mínimos cuadrados a los residuos se recalculó el valor de L_m por medio de iteraciones.

Tabla III. Número de hembras maduras e inmaduras en diferentes estructuras de tallas, encontradas durante todo el periodo de muestreo (enero-diciembre de 2002) en Agiabampo, Sin-Son.

1	2	3	4	5
Longitud Total (mm)	Total	maduras	Proporción	Proporción ajustada
55	1	0		
65	2	0		
70	3	0		
75	13	0		
80	21	0		
85	45	0		
90	49	1	0,02	0,02
95	63	1	0,02	0,02
100	73	1	0,01	0,02
105	79	0		
110	110	2	0,02	0,02
115	117	6	0,05	0,06
120	159	8	0,05	0,06
125	227	11	0,05	0,06
130	237	33	0,14	0,16
135	298	67	0,22	0,26
140	409	132	0,32	0,38
145	438	172	0,39	0,46
150	466	233	0,50	0,58
155	403	222	0,55	0,64
160	305	181	0,59	0,69
165	176	104	0,59	0,69
170	104	69	0,66	0,77
175	62	47	0,76	0,88
180	21	17	0,81	0,94
185	19	15	0,79	0,92
190	19	13	0,68	0,80
195	7	4	0,57	0,67
200	7	6	0,86	1,00
205	3	2	0,67	0,78

V. RESULTADOS

V.1 Variables ambientales

La temperatura es sin duda el parámetro ambiental más importante que tiene un efecto sobre la reproducción (Aragon-Noriga, 2005). En la figura 6 se observa el comportamiento de esta variable ambiental para el periodo de enero a diciembre de 2002 en la zona litoral adyacente al sistema lagunar de Agiabampo. La temperatura medida en grados centígrados, mostró los valores más altos en agosto y septiembre, con $31.9\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ y 31.4 ± 0.8 , respectivamente (Fig.6). Los más bajos fueron para enero y diciembre con $18.6\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ y 19.1 ± 0.8 . Observándose un diferencial de 13.3 grados entre el mes más frío (enero) y el más cálido (agosto).

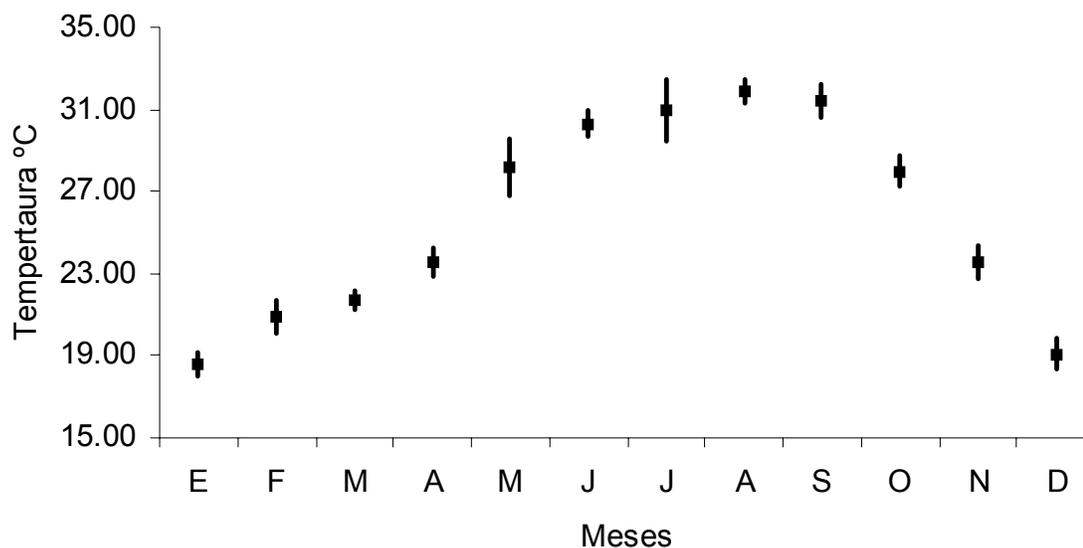


Figura 6. Temperatura superficial del agua de mar TSM ($^{\circ}\text{C}$) promedio registrada de enero a diciembre de 2002, en el frente litoral de Agiabampo, Son-Sin. Las barras muestran la desviación estándar.

La precipitación pluvial se ha caracterizado como una variable ambiental que puede ser detonador de la reproducción (Garduño-Argueta, 1994). Para este trabajo la precipitación se presenta como el promedio mensual (mm) y el máximo para un solo día de acuerdo al mes de ocurrencia. En la figura 7 se observa que los meses de mayor precipitación promedio son julio, agosto y septiembre, como lluvias de origen monzónico o lluvias de verano, y precipitaciones de diciembre a febrero como lluvias invernales, provocadas éstas por la influencia de los frentes frío provenientes del norte. El periodo de estiaje inicia en marzo y termina en junio, y-a que durante estos meses la precipitación mensual alcanzó valores bajos o nulos.

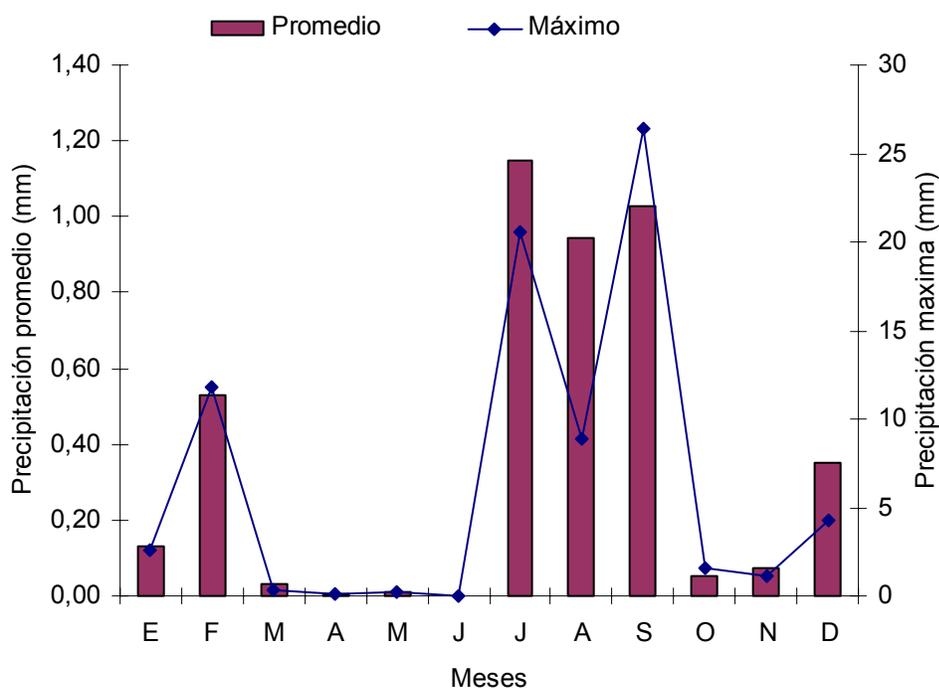


Figura 7. Precipitación pluvial (mm) promedio registrada de enero a diciembre de 2002, y máximo para un día del mes. Según registros de CNA para el bloque 2029.

V.2 Relación Longitud-Peso

El cálculo de las relaciones morfométricas registró un valor de $b= 3.06$ en los machos y de $b=3.16$ en las hembras, mientras que para ambos sexos fue de $b=3.2$ (Fig. 8). Como estos valores son cercanos a tres, se considera que el crecimiento calculado para *F. californiensis* del frente litoral de Agiabampo, es isométrico.

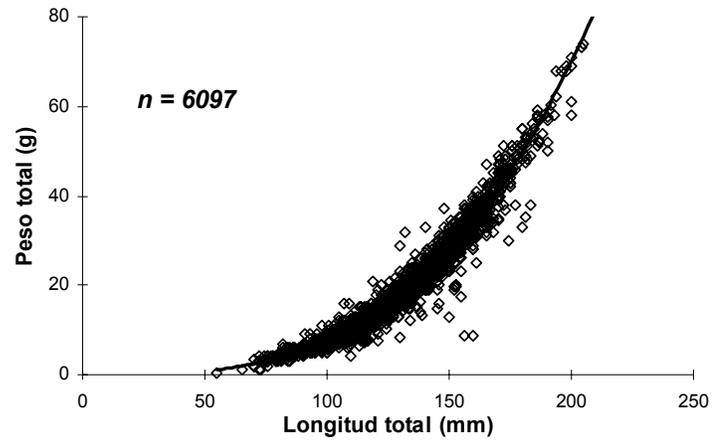
En la tabla IV se presentan los valores de los parámetros que describen la ecuación potencial $W = aL^b$ para el modelo longitud-peso de *F. californiensis*. Con estos valores se puede desplegar de manera grafica la relación longitud-peso de camarón para cada sexo ó bien para la combinación de los organismos sin diferenciar el sexo. El parámetro de ajuste de la ecuación también se presenta en la tabla IV. Se puede observar que este fue significativo y que presentó su mejor ajuste para la combinación se ambos sexos.

Se encontraron 6097 organismos, para el caso de las hembras se utilizaron 3935 organismo y para machos 2156 organismos con estos Datos se desprende que la cantidad de hembras es de 1.8 por cada macho encontrado.

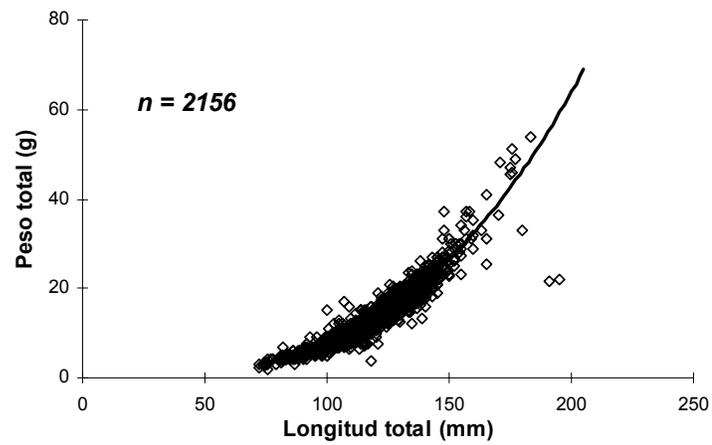
Tabla IV. Parámetros obtenidos utilizando la ecuación potencial $W = aL^b$ para el modelo longitud-peso de *F. californiensis*.

SEXO	a	B	R ² p<0.05
Ambos Sexos	0.0000006	3.2071	0.9549
Machos	0.0000006	3.0639	0.8836
Hembras	0.0000004	3.1640	0.9524

a) AMBOS SEXOS



b) MACHOS



c) HEMBRAS

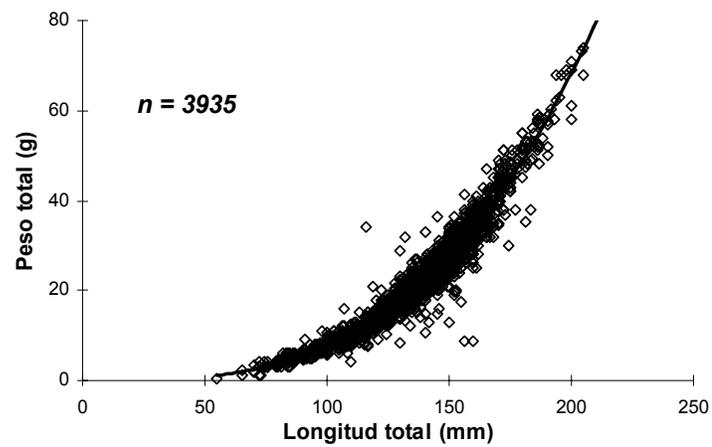


Figura 8. Relaciones morfométricas del camarón café *F. californiensis* para a) ambos sexos, b) machos, c) hembras.

V.3 Estructura de tallas

Las progresiones modales en las distribuciones de frecuencias (Fig.9), muestran que en enero y febrero la moda presentó valores de 110 a 112 mm. En contraste con la moda de 85 mm observada en marzo, sugiriendo un reclutamiento de nuevos organismos a la zona litoral durante este mes. En abril se observa la mayor moda de talla de todo el ciclo anual con 154 mm. De este mes en lo adelante la moda presenta un decremento continuo hasta el mes de noviembre (sin contar septiembre que no tiene datos y octubre con muy pocos datos). La moda encontrada en noviembre es similar a la de enero. Los datos sugieren un crecimiento de enero hasta abril y un ingreso continuo de nuevos reclutas a la zona de pesca posteriormente.

La estructura de tallas de marzo es de tomarse en cuenta de forma separada ya que por un lado sugiere que hay un ingreso de nuevos organismos a la zona litoral, pero sin la certeza de que sean incorporados de la misma zona o provengan del interior de la laguna de Agiabampo. La moda es la más baja de todo el ciclo anual (85 mm) pero no sólo eso, también es la estructura en si, ya que su distribución va de 50 mm hasta 130 mm. La estructura de tallas global va desde los 50 mm hasta los 190 mm de longitud total con moda en los 154 mm.

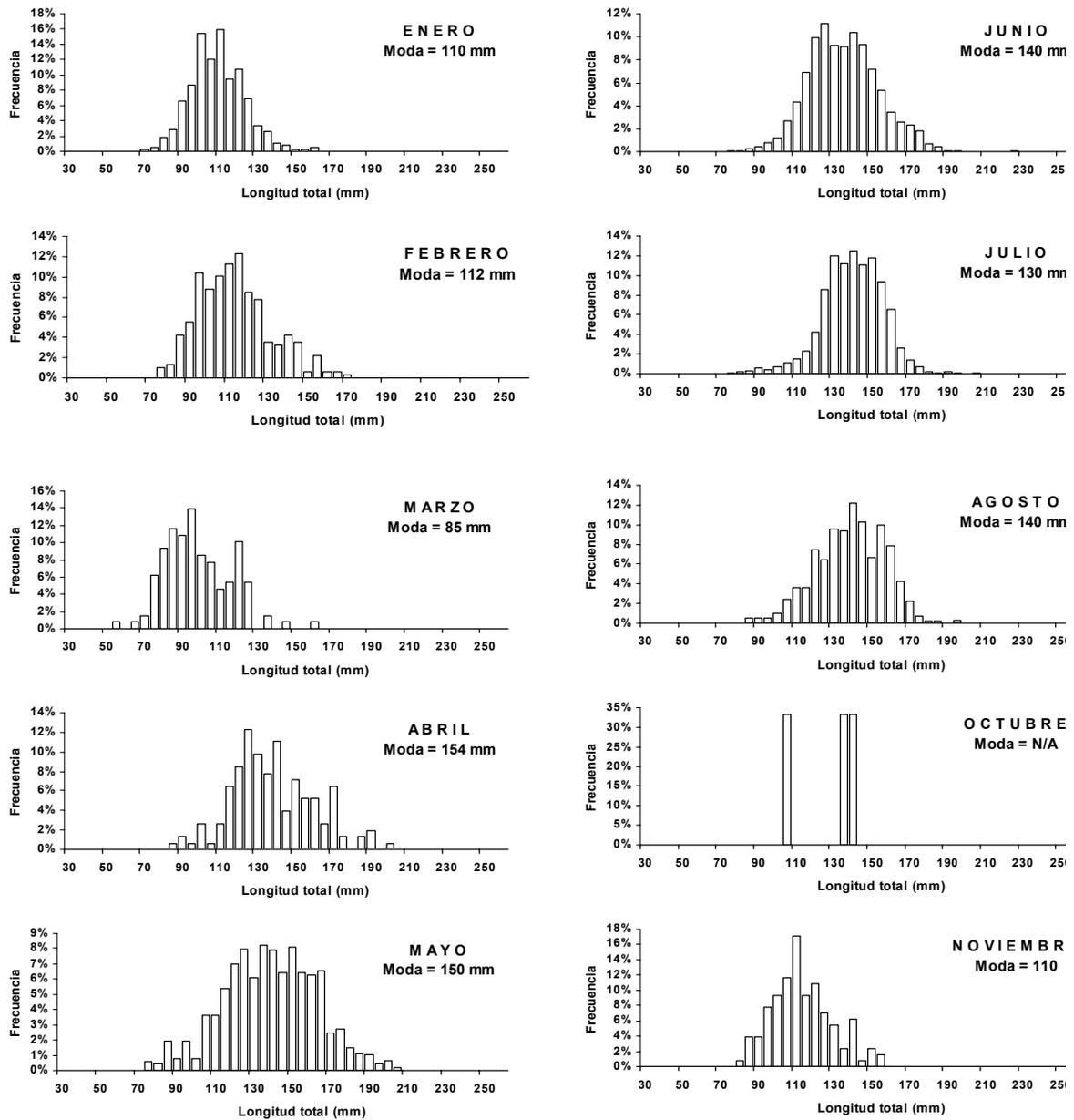


Figura 9. Distribución de frecuencias de la longitud total (mm) de *F. californiensis* fuera del Sistema Lagunar de Agiabampo. No se encontraron *F. californiensis* en los meses de septiembre y diciembre.

V.4 Madurez gonadal de las hembras de *F. californiensis*

Con respecto al desarrollo gonadal de las hembras de camarón café, las inmaduras obtuvieron la mayor presencia en todos los meses muestreados (Tabla V). Durante todo el ciclo anual el número de hembras inmaduras fue mayor que el de maduras y desovadas, el mayor número de hembras inmaduras se obtuvo en julio con 975 hembras totales. Se registraron hembras maduras y desovadas de abril a agosto y posteriormente en noviembre, así como una hembra madura en febrero, obteniendo la mayor cantidad en julio.

Una vez decidido la utilización de hembras en estadio III y IV para ubicarlas como maduras y el estadio II de los machos como maduros, se obtuvo con ellos la distribución anual de estos estadios. Los machos se encontraron en porcentaje de madurez por arriba del 50 % en todos los meses que se hicieron capturas de ellos (Fig. 10). En los meses de abril a agosto incluso por arriba del 95 %. Este periodo de abril a agosto coincide con la mayor cantidad de hembras maduras. Sin embargo el porcentaje de estas estuvo apenas por encima del 34 %.

Tabla V. Distribución nominal y porcentual de hembras inmaduras (estadios I y II) y maduras (estadios III y IV) de camarón café. En el Litoral costero de Agiabampo.

MES	INMADURAS		MADURAS	
	#	%	#	%
ENERO	206	100.00	0	0.00
FEBRERO	150	99.34	1	0.66
MARZO	74	100.00	0	0.00
ABRIL	84	87.50	12	12.50
MAYO	385	66.27	196	33.73
JUNIO	413	61.37	260	38.63
JULIO	975	57.32	726	42.68
AGOSTO	219	60.66	142	39.34
NOVIEMBRE	49	83.05	10	16.95

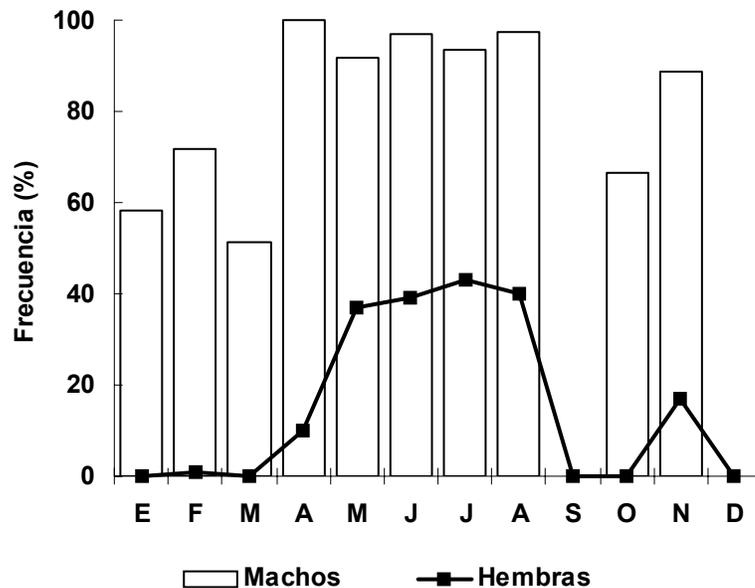


Figura 10. Frecuencia mensual de hembras maduras (estadios III y IV) y machos (estadio II) de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.

V.5 Abundancia

Se seleccionaron los meses donde se encontraron hembras maduras y se determinó la abundancia de éstas por el método de área barrida. Las hembras de mayo presentaron una abundancia de 176 organismos por hectárea (org.ha^{-1}) en junio 97 org.ha^{-1} , en julio de 82 org.ha^{-1} , y agosto con 58 org.ha^{-1} . Los meses de menor abundancia fueron el mes de Abril con 29 org.ha^{-1} y en el mes de Noviembre de 4 rg.ha^{-1} (Fig. 11). Con este resultado se determinó que en verano se presentan los meses de mayor importancia para la reproducción debido a la presencia de una mayor cantidad de hembras maduras. La mayor abundancia también se determinó espacialmente para el verano y se encontró que la mayor cantidad de organismos se concentran al norte de la boca de Agiabampo.

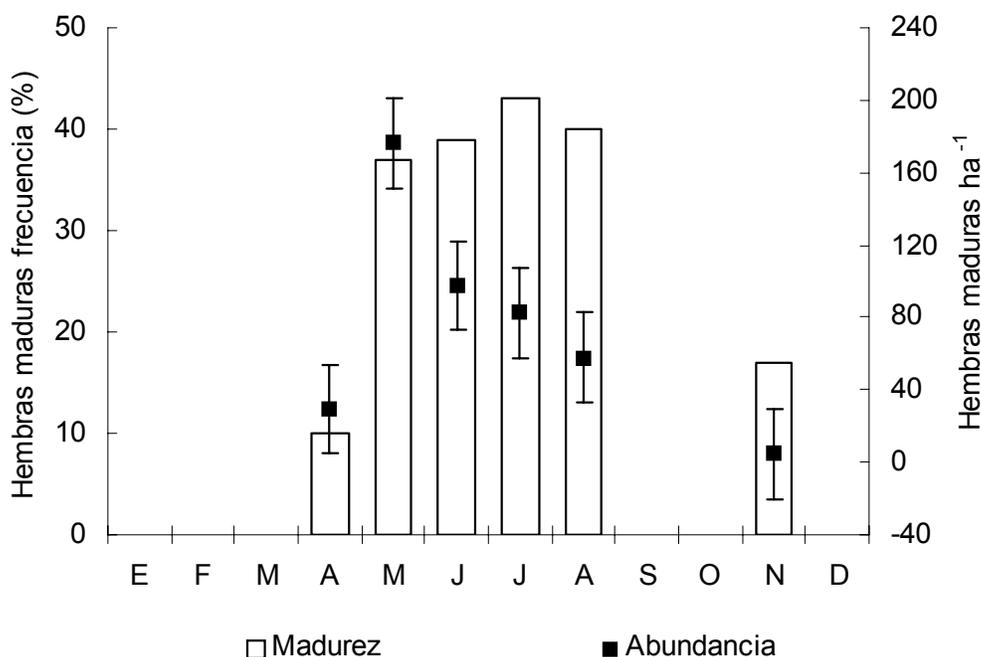


Figura 11. Abundancia de hembras maduras de camarón café *Farfantepenaeus californiensis*.

V.6 Talla de primera madurez

Como se indicó en la sección de metodología (tabla III) fue necesario usar los datos de la proporción ajustada para graficar $\ln\left(\frac{1-P}{P}\right)$ contra L y usando regresión lineal simple (Fig. 12) calcular los valores de los parámetros de ajuste de la línea para posteriormente para obtener los parámetros de la ecuación de primera madurez de King (1995).

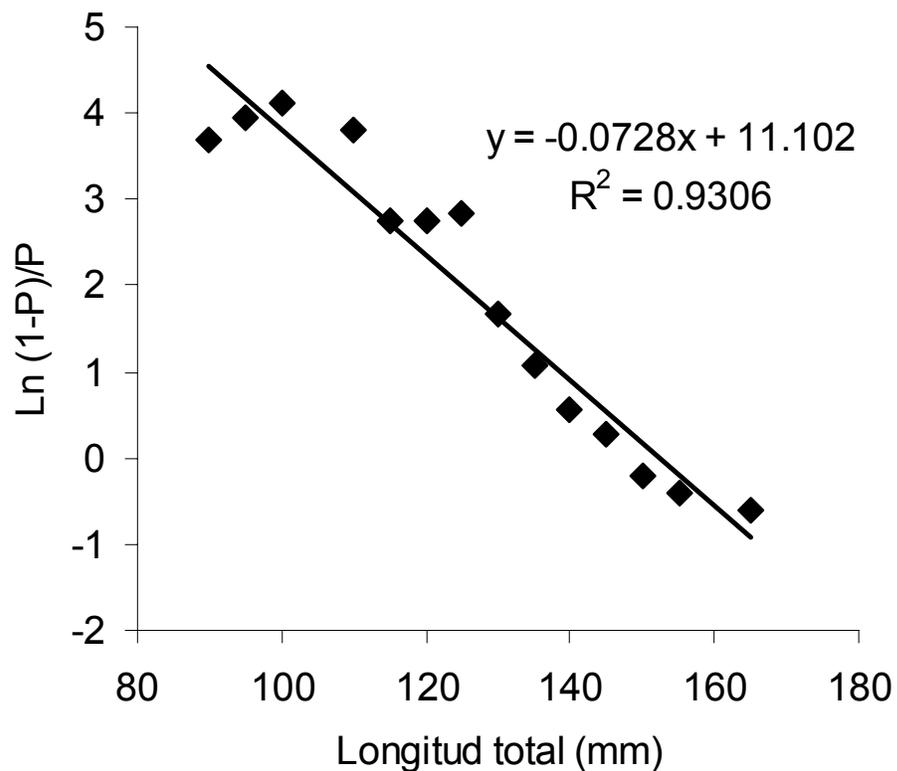


Figura 12. Regresión lineal simple para la obtención de los parámetros de la talla de primera madurez.

Con los datos obtenidos en la ecuación de la figura 12 se calculó la edad de primera madurez al sustituir los valores en la fórmula $L_m = a/r$ (recuérdese que $r = -b$). El valor de la talla de primera madurez con este dato fue de 153 mm de longitud total.

Posteriormente se sustituyeron los valores de r y L_m en la ecuación $P = \frac{1}{1 + e^{-r(L-L_m)}}$, y se calculó la proporción de hembras maduras para cada talla y se restaron de las proporciones observadas. Aplicando el criterio de mínimos cuadrados a los residuos se recalculó el valor de L_m por medio de iteraciones y el resultado varió a 152 mm de longitud total (Fig. 13).

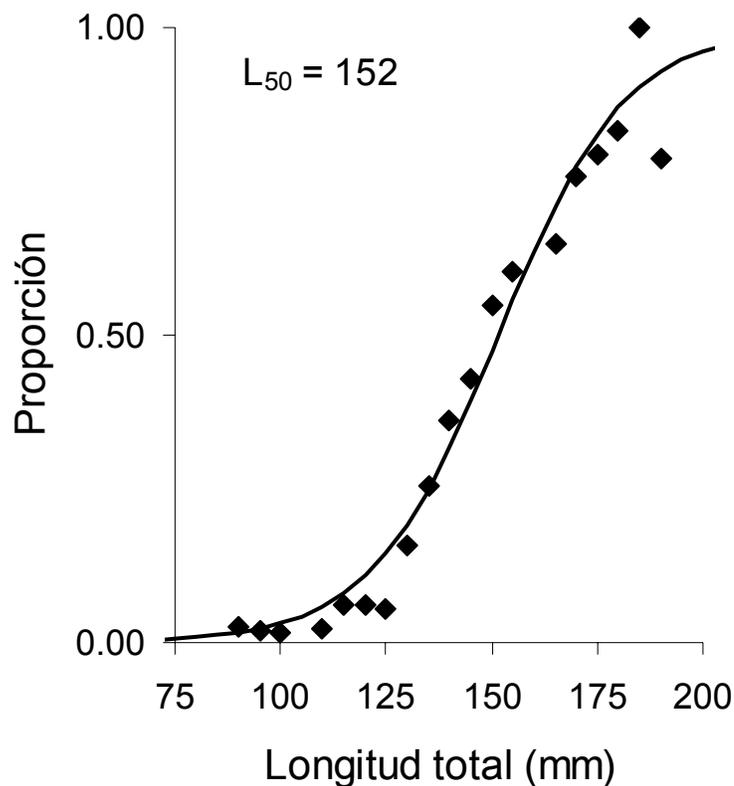


Figura 13. Longitud de primera madurez de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.

Con el propósito de hacer resaltar la diferencia de tallas que se obtienen con el mismo modelo de talla de primera madurez, pero utilizando como insumo solamente las hembras maduras y haciendo una gráfica de las proporciones acumuladas se ha elaborado la figura 14. La misma muestra que la talla de primera madurez es de 148 mm de longitud total.

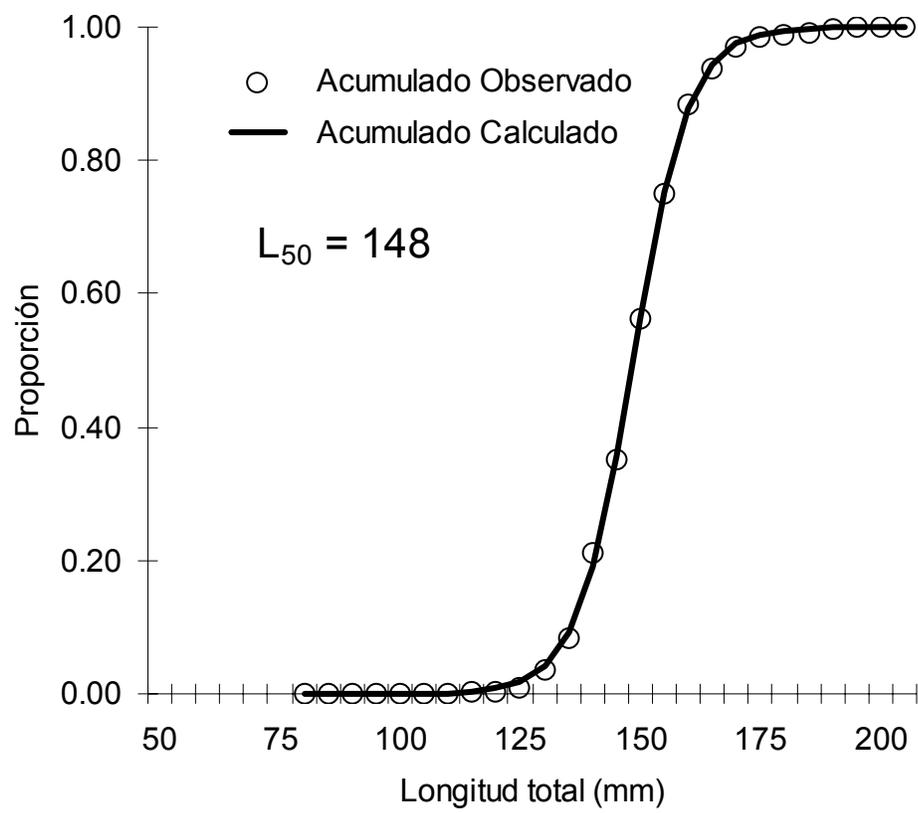


Figura 14. Frecuencia acumulada (observada y calculada) de tallas de las hembras maduras de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa.

V.7 Tallas de las hembras maduras

Se encontró diferencia significativa entre las tallas de las hembras maduras ($F_{5, 1294} = 14.80$; $P < 0.05$) en los meses en que hubo presencia de las mismas (Fig. 15). Se utilizó la prueba a de Tuckey para diferenciar entre los meses.

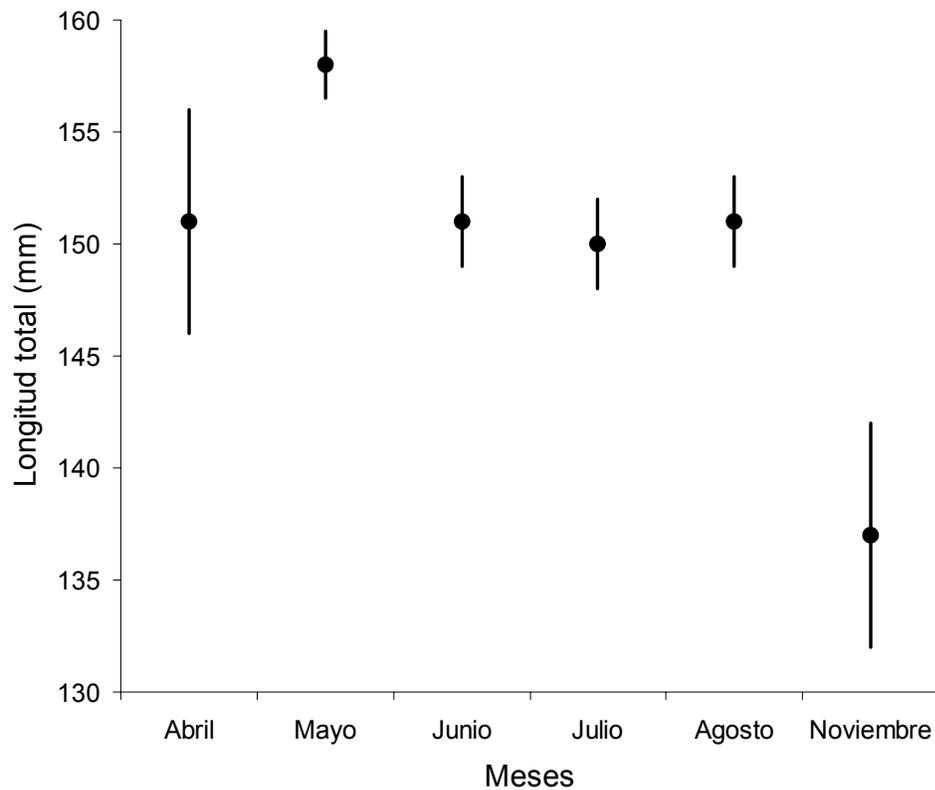


Figura 15. Longitud total promedio de de las hembras maduras de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa. Las barras indican la dispersión del promedio al 95 % de confianza.

La mayor talla promedio (Prueba Tuckey $P < 0.05$) de hembras maduras se encontró en mayo (158 ± 1.5 mm de LT) esta talla no se traslapa con ninguna talla de las encontradas en los demás meses con presencia de hembras maduras (Fig. 15). Mismo que la prueba a posteriori la encontró diferente a las demás. La menor (Prueba Tuckey $P < 0.05$) talla se encontró en noviembre con 135 ± 5 mm de LT. En los meses de abril, junio, julio y agosto la talla promedio fluctuó de 150 a 152 mm de LT, pero la dispersión de las mismas permitía un traslape entre ellas al 95 % de confianza (Prueba Tuckey). Ninguna de estas se traslapó con las de mayo ó noviembre.

El resumen del análisis de tallas es que existe un mes (mayo) con hembras maduras extraordinariamente grandes. Otro (noviembre) con hembras maduras muy pequeñas y un periodo intermedio con tallas de 150 a 152 mm de LT de junio a agosto.

V.8 Índice de producción de Huevos

Se graficó la Producción de huevos totales (Fig. 16) en los meses en donde se encontró una cantidad considerable de hembras maduras. En el mes de mayo hubo en promedio una mayor producción de huevos ($5,932 \times 10^6$), los meses de abril y noviembre fueron los meses en los que se presentó una menor producción de huevos (8 y 1×10^6), hay diferencias significativas en el mes de mayo en relación con los otros meses, el mes de junio no tiene diferencias significativas con el mes de julio.

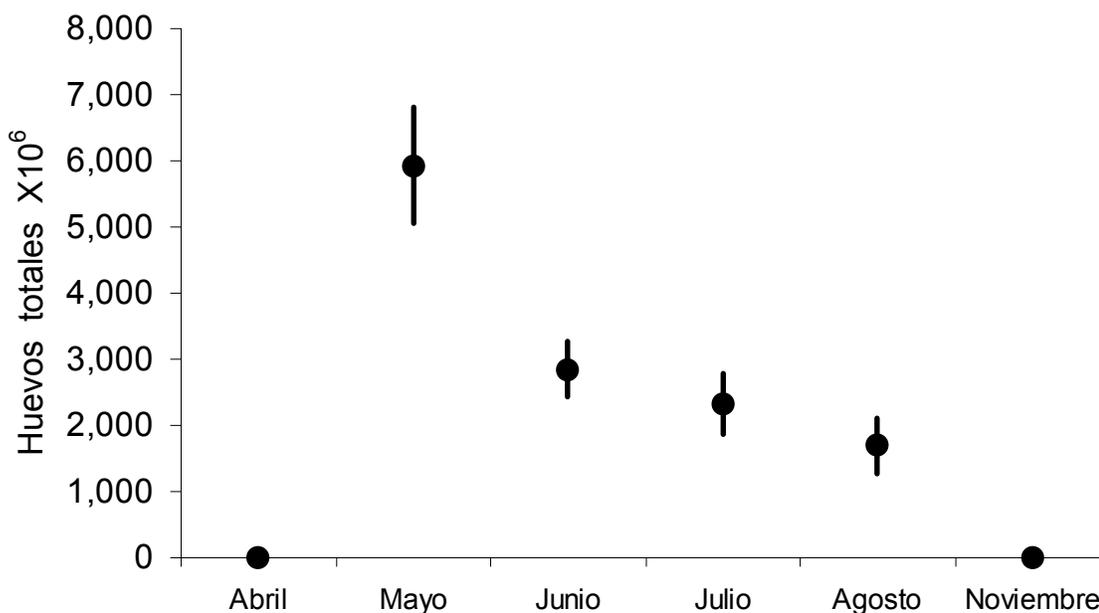


Figura 16. Producción total de huevos de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* del litoral costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa. Las barras indican la dispersión del promedio al 95 % de confianza.

La producción total de huevos acumulada (Fig.17), alcanza un porcentaje de 46 al 68 % de potencial reproductivo efectivo de la población se alcanza integrando la producción de huevos totales en los meses de mayo a junio.

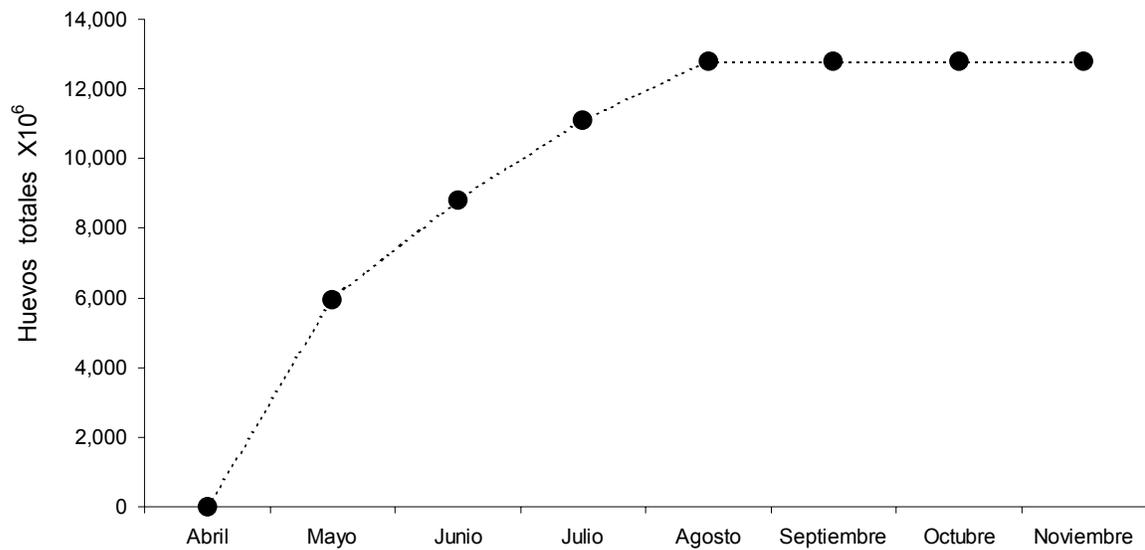


Figura 17. Curva de producción total acumula de huevos.

VI. DISCUSIÓN

Para la definición del periodo reproductivo de cualquier especie (para este estudio el camarón café) es necesario contar con más de un índice o al menos uno que integre los resultados de otros indicadores como el Índice de Producción de Huevos. Mi trabajo de tesis fortalece esta propuesta planteada en Aragón-Noriega (2005) y propone un IPH para el camarón café en el litoral costero de Agiabampo, Sinaloa-Sonora.

Se fortalece la discusión sobre la fuente de datos que alimentan el modelo logístico que determina la talla o longitud de primera madurez haciendo énfasis en considerar que la hembras de una misma talla no maduran todas a la misma vez.

El camarón café *Farfantepenaeus californiensis* es definido como una especie marina (García y Le Reste, 1981) que depende poco de las variables ambientales costeras. Sin embargo se sugiere con los resultados de este trabajo, por lo menos en el litoral de Agiabampo, se acopla el periodo de máxima desove (medido con el IPH) al periodo de mayor precipitación pluvial de la zona aledaña al litoral.

El periodo reproductivo de camarón café en el litoral de Agiabampo se ha presentado hacia fines de primavera y principio de verano. Leal-Gaxiola *et al.* (2001) encontraron el periodo reproductivo de camarón café en el litoral del sur de Sonora continuo a lo largo de todo el año, pero con dos periodos máximos. Sin embargo, estos autores no consideraron los meses de junio a septiembre por lo que su resultado no es

conclusivo para determinar el periodo reproductivo del camarón café en esa zona. El estudio de Leal-Gaxiola *et al.* (2001) se puede complementar con los datos de Mendez-Tenorio (1986) ya que él realizó muestreos en los meses de junio a enero en esa misma zona. En ese periodo el porcentaje de hembras maduras va aumentando de junio a agosto y disminuyendo hasta enero.

En este estudio se encontró un solo periodo importante de desove cuando se considera el porcentaje de hembras maduras y es similar al encontrado por Mathews (1981) en Guaymas donde el camarón café se reproduce de febrero noviembre pero principalmente de mayo a agosto.

En Mazatlán, Sinaloa el patrón reproductivo es continuo todo el año (Aragón-Noriega y Alcántara-Razo, 2005) y presenta dos periodos máximos (Garduño-Argueta y Calderón-Pérez, 1994) o dos periodos, con uno más intenso que el otro (Barreiro-Güemez, 1986).

La diferencia se marca entonces en dos Zonas: Mazatlán continuo a lo largo del año con dos periodos; Guaymas con un solo periodo intenso. La diferencia se puede encontrar en la temperatura superficial del mar (TSM).

La variable oceanográfica física, más importante que influye en la biología de los organismos marinos es la TSM (Bakun, 1996). Varios científicos de las pesquerías han mencionado el uso de información del clima (*e.g.* TSM) en la evaluación de stocks (principalmente para analizar capturabilidad y estimación del reclutamiento) y

en modelos de ecosistema, dando énfasis a que esa información del clima no sólo es útil a manejadores de la pesquería, sino que también juega un papel crucial en la investigación pesquera (Bakun, 1996).

La dinámica general del océano esta determinada por la variación anual y diaria de la temperatura, ésta se presenta con menor amplitud en los trópicos, incrementándose en las latitudes medias, y disminuyendo de nuevo cerca de los polos (Halsband-Lenk, 2001). Soto-Mardones *et al.* (1999) analizaron la TSM en el Golfo de California, con 14 años de datos de imágenes de satélite (1983-1996) para describir la variabilidad mensual, semi-anual, anual, e interanual. Por lo que se refiere a la variabilidad estacional, encontraron que la diferencia entre estaciones del año es más marcada hacia el norte del Golfo de California; cuantificando que la diferencia entre invierno y verano es de 7°C en Mazatlán y de 11°C en Guaymas. Aragón-Noriega y Alcántara-Razo (2005) definieron tres regiones para el estudio del periodo reproductivo de camarón café y su correspondencia con la TSM. Estas áreas son las mismas áreas definidas como las más importantes para la pesquería de camarón, de acuerdo a cada puerto de la región del Golfo de California. La delimitación de las tres regiones está de acuerdo con los resultados de Soto-Mardones *et al.* (1999). Aragón-Noriega y Alcántara-Razo (2005) encontraron la misma tendencia general del la TSM, así como las tendencias similares a las encontradas por Soto-Mardones *et al.* (1999) en el Golfo de California.

Se encontraron dos estudios anteriores que mencionan los efectos de la TSM sobre los periodos reproductivos de camarón café. Garduño-Argueta y Calderón-Pérez

(1994), sin el análisis de los datos, y Leal-Gaxiola *et al.* (2001), con análisis de datos, pero sólo en la región central del Golfo de California. Ellos encontraron que las variaciones interanuales magnifican las variaciones estacionales. Mencionan que los períodos de reproducción máxima se corresponden a los meses más calurosos.

Es necesario mencionar también que el patrón de crecimiento es afectado por los cambios en la temperatura (López-Martínez *et al.*, 2003). En particular, el intervalo de temperatura durante el período desde el desove hasta que alcanzan la madurez sexual determina la tasa de crecimiento que ellos presentan.

La temperatura es un factor determinante para el crecimiento porque controla la tasa metabólica (Ocampo *et al.*, 2000). La temperatura óptima para crecimiento obtenido por López-Martínez *et al.* (2003) en el Golfo de California coincide con los datos observados en el laboratorio para esta especie (Villarreal y Ocampo, 1993). Mathews (1981) también sugirió que TSM afecta la talla de madurez.

Aragón-Noriega y Alcántara-Razo (2005) encontraron una clara relación entre la TSM y la duración del período reproductivo y la talla de primera madurez de camarón café en el Golfo de California. Ellos encontraron que las variaciones estacionales de TSM entre los meses más fríos y más cálidos eran 7.8°C en Mazatlán y 11.4°C en Puerto Peñasco y la talla de primera madurez del camarón era 121 mm LT (longitud total) cerca de Mazatlán y 154 mm LT cerca de Puerto Peñasco. Mientras que el período reproductivo es continuo todo el año en Mazatlán, en Puerto Peñasco se restringe a 7 meses.

Agiabampo es un sitio intermedio entre Mazatlán y Guaymas pero la diferencia de temperatura entre las estaciones del año es similar a la de Guaymas. El periodo reproductivo de camarón café en el Golfo de California, determinado con el porcentaje de hembras maduras, es diferente dependiendo de la zona en la que encuentra. En Agiabampo presenta un periodo bien definido de mayo a agosto con un máximo en julio.

Muchas otras formas de crustáceos como los copépodos muestran evidencia de correlación inversa de temperaturas con el tamaño del cuerpo hembra (Halsband y Hirche, 2001; Halsband-Lenk *et al.*, 2001; 2002). Estas mismas relaciones se especularon con las hembras de camarón café en el Golfo de California, pero no había sido evaluado cuantitativamente hasta el trabajo de Aragón-Noriega y Alcántara-Razo (2005).

Los requerimientos termales para la reproducción generalmente se restringen a una ventana de temperatura estrecha, separando la temperatura para el crecimiento de la temperatura requerida para la reproducción (Kinne, 1970). La temperatura óptima para el crecimiento de *F. californiensis* se estableció de 23-27°C (Villarreal y Ocampo, 1993). Este intervalo de temperatura está presente en Mazatlán casi todo del año y en Guaymas y Puerto Peñasco sólo durante el verano y otoño.

Si la temperatura óptima para la reproducción de una especie es conocida, entonces otros factores como la disponibilidad de alimento, juegan un papel importante (Halsband y Hirche, 2001). Las poblaciones deben desovar en los hábitats favorables

(protección y bastante comida) para su asegurar su descendencia. Wickins (1976) resumió el mecanismo por el cual las postlarvas penetran a los estuarios. Pero básicamente, se ha especulado sobre si los desoves de camarón ocurren cercanos a las bocas de los esteros como un detonador que advierte de la disponibilidad de alimento. Garduño-Argueta y Calderón-Pérez (1994) propusieron que la TSM es un signo de disponibilidad de alimento para el camarón en la parte del sur del Golfo de California y especularon que éste es el interruptor que detona el desove de camarón. Ya que esta es una especie migratoria con hábitat separados para la etapa juvenil y adulta (Riera *et al.*, 2000; Gillanders *et al.*, 2003).

En el caso del camarón café en el Golfo de California, es difícil asociar la disponibilidad de alimento con la actividad reproductiva. Sin embargo, Santamaría del Ángel *et al.* (1994) concluyeron que el camarón es abundante en la costa oriental del Golfo (la costa del continente) debido a la alta concentración de pigmentos en el área. Si eso es correcto, entonces la temperatura es el factor más importante para determinar el periodo de desove, más que la disponibilidad de alimento.

Retomando el hecho de que el porcentaje de hembras maduras como índice de la población reproductora es sesgado (García, 1985) se combinó este con la abundancia y las tallas de hembras maduras. En la literatura revisada sobre camarón café no se encontró una asociación entre estos indicadores.

La mayor abundancia de hembras maduras se encontró en mayo. En ese mes el 44 % de las hembras estaban en tallas de 161 mm LT o superiores por lo que de

acuerdo a la cantidad de óvulos que una hembra puede producir en esta talla el 44 % de las hembras están produciendo 800,000 o más óvulos cada una (Barreiro-Güemez, 1986). En los meses de julio a agosto este porcentaje es menor.

El resultado aquí presentado contradice lo propuesto por Leal-Gaxiola *et al.* (2001) para el periodo de 1979 a 1994 en la zona comprendida de Agiabampo a Kino, Sonora, ya que ellos reportaron el periodo reproductivo de camarón café continuo a lo largo de todo el año, pero con dos periodos máximos, sin embargo, en este estudio solo se encontró un solo periodo reproductivo en todo el año estudiado. Además es muy claro que la abundancia y talla de las hembras maduras son un factor determinante para determinar el potencial reproductivo medido como producción de huevos potenciales en un periodo. El uso del porcentaje de hembras maduras, como se demuestra aquí, sesga los resultados hacia un periodo diferente de máxima reproducción.

El índice de producción de huevos IPH a tomado importancia en la definición de indicadores que ayudan a disminuir la posibilidad de malinterpretar la información del periodo reproductivo (Alcántara-Razo, 2005 y Aragón-Noriega, 2005). El IPH utilizado en este trabajo toma en cuenta la abundancia de las hembras, la estructura de tallas y la fecundidad de las mismas. Es pues, un índice que empieza a dejar en claro que el uso de indicadores aislados (*e. g.* porcentaje de madurez) sólo conducen a interpretaciones erróneas y por consiguiente a tomar malas decisiones. Si en el caso de este estudio se hubiesen tomado cada indicador por separado hubieran generado

información diferente é incluso contradictoria. Se corrobora lo propuesto por García (1985) de contar con otros indicadores diferentes al porcentaje de hembras maduras.

Los resultados aquí encontrados respaldan el hecho de que las hembras desovan en respuesta a un aumento en la temperatura y coincide con que los productos del desove se encuentren en áreas con alimento suficiente para enfrentar las primeras etapas de su desarrollo. Como se ve en los resultados la mayor abundancia de hembras maduras, y la mayor talla de las mismas se presenta en mayo. Por tanto también la mayor producción de huevos se encuentra en este mes. De acuerdo con Garduño-Argueta y Calderón-Pérez (1994) y Riera *et al.* (2000) La precipitación acarrea detritus al área de crianza del camarón y como lo menciona Aragón-Noriega (2005) desde el desove hasta la etapa de postlarva béntica pasarán aproximadamente 30 días, lo cual coincide con los periodos de mayor precipitación en la región de Agiabampo. Que según se ve en la figura 7 ocurre de julio a septiembre, por lo tanto la mayor producción de huevos se acopla a las condiciones del hábitat para asegurar alimento y refugio a los descendientes.

En este estudio se evidencia que la diferencia de usar uno u otra fuente de datos para el modelo genera un resultado que difiere hasta en 5 mm de LT en la talla de primera madurez.

Existen dos resultados importantes de resaltar en este estudio: 1) la fuente de datos y el manejo de los mismos para determinar la talla de primera madurez y 2) la utilización del índice de producción de huevos como un índice que utiliza indicadores combinados para definir de manera más precisa el periodo reproductivo de camarón café en la zona litoral de Agiabampo.

Con los resultados aquí presentados también es importante mencionar que el camarón café, considerado como especie marina y poco dependiente de lagunas costeras, no acoplará su periodo de reproducción a variables ambientales como la precipitación. Al menos para el caso del litoral de Agiabampo se ha mostrado que esto si ocurre. Se consolida la propuesta de que el periodo reproductivo de camarón café responde a los cambio en la temperatura del mar.

VII. CONCLUSIONES

Se concluye que es necesario considerar no solo el porcentaje de hembras maduras sino también algún índice de abundancia y de tallas de hembras maduras para determinar el periodo reproductivo de camarón por clases de tallas.

Al tomar en cuenta los tres indicadores de la población reproductora se presenta, en el camarón café del litoral costero de Agiabampo, un solo mes de maduración y desove importante en el periodo de mayo a agosto.

VIII. LITERATURA CITADA

Alcántara-Razo E. 2005. Índice de producción de huevos, reclutamiento reproductor y distribución de la biomasa de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* en el frente costero de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. 75 pp.

Aragón-Noriega, E. A. 2005. Reproductive output of the blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Decapoda: Penaeidae) in the Gulf of California coast at Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. *J Shellfish Research* 24(2) en Prensa.

Aragón-Noriega, E. A. y E. Alcántara-Razo. 2005. Influence of sea surface temperature on reproductive period and size at maturity of the brown shrimp (*Farfantepenaeus californiensis*) in the Gulf of California. *Marine Biology* 146(2): 373-379.

Aragón-Noriega, E. A. 2001. Estado actual de producción de camarón en el Pacífico mexicano: Pesca y Cultivo p. 53-59. In V. Castro-Castro, M. Y. Sokolov y A. de Jesús-Navarrete (eds.) *Memorias del Primer Foro de Pesca y Acuicultura de la Costa de Chiapas*. El Colegio de la Frontera Sur. 136 pp.

Aragón-Noriega, E. A. y L. E. Calderón-Aguilera. 2001. Age and Growth of Shrimp Postlarvae in the Upper Gulf of California. *Aqua J Ichth and Aquatic Biol* 4(3):99-1104.

- Arenas-Fuentes, V. 1969. Estudios ambientales preliminares en la Bahía de Agiabampo..
- Ayala-Castañares, A., M. Gutiérrez-Estrada y V. M. Malpica. 1970. Informe final de los estudios de Geología Marina en las regiones de Yavaros, Son., Huizache y Caimanero, Sin., y Agiabampo, Sin. durante la primera etapa. Informe del Departamento de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 190 pp
- Bakun, A. 1996. Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics. University of California Sea Grant, San Diego, California, USA in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México. 323 pp.
- Barreiro-Güemez, M. T. 1986. Estudio sobre la madurez y desove de *Penaeus californiensis* y *Penaeus vannamei* (Crustacea Decapoda, Penaidae) en la costa sur de Sinaloa. Memorias del Primer Intercambio Académico sobre Investigaciones del Mar de Cortés. Asociación de Investigadores del Mar de Cortés. Hermosillo, Sonora, México, 1-30.
- Beverton, R. J. H. and S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Ser. II, 19, 533 p
- Burukovsky, R. N. 1972. Nekotorye voprosy sistematiki i rasprostraneniya krevetok roda *Penaeus*. Rybokhozyaistvennye issledovaniya v Atlanticheskom okeane.

(Some problems of the systematics and distribution of shrimps of the genus *Penaeus*) Trudy AtlantNIRO, Kaliningrad, 2: 3-21.

CICESE, 2002. Mar Versión 0.4. <http://oceanografia.cicese.mx/predmar.html>

Chul-Woong, O. and R. G. Hartnoll. 1999. Size at sexual maturity, reproductive output, and seasonal reproduction of *Philocheras tripspinosus* (Decapoda) in port erin Bay, Isle of Man. *Journal of Crustacean Biology*. 19(2): 252-259.

Courtney, A. J. & J. M. Masel. 1997. Spawning stock dynamics of two penaeid prawns, *Metapenaeus bennettiae* and *Penaeus esculentus*, in Moreton Bay, Queensland, Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 148:37-47.

Del Valle, I. 1987. Variabilidad climática y los niveles de rendimiento estuarino y costero de camarón en la región de Mazatlán Sinaloa. *Los Recursos del mar y la investigación. XXV Aniversario, Instituto Nacional de la Pesca Secretaría de pesca. Tomo I, 69-84 pp.*

Edwards, R. R. C. 1978. The fishery and fisheries biology of the penaeid shrimp on the Pacific Coast of Mexico. *Oceanography and Marine Biology. Annual Review*, 16:145-180.

García, S. 1985. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited Penaeid shrimp populations. In: Rothlisberg PC, Hill BJ, Staples

DJ (eds) Second Australian National Prawn Seminar. NPS2, Cleveland, Australia, 139-158.

García, S. y L. Le Reste. 1981. Life cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks. FAO Fish. Tech. Pap., (203): 215 p.

Garduño-Argueta, H. y J. A. Calderon-Perez. 1995. "Seasonal depth distribution of the crystal shrimp, *Penaeus brevirostris* (Crustacea: Decapoda, Penaeidae), and its possible relation to temperature and oxygen concentration off southern Sinaloa, Mexico". Fishery Bulletin 93(2): 397-402 pp.

Garduño-Argueta, H. y J. A. Calderón-Pérez. 1994. Abundancia y maduración sexual de hembras de camarón (*Penaeus* spp.) en la costa sur de Sinaloa, México. Revista de Investigación Científica UABCS Serie Ciencias Marinas 1:27-34.

Gillanders BM, Able KW, Brown JA, Eggleston DB, Sheridan P.F. 2003 Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. Mar Ecol Prog Ser 247:281-295

Gómez-Aguirre, S. y C. Rivero B. 1986. Variación estacional de *Sagitta euneritica* (Chaetognatha) en la laguna de Agiabampo, México.

- Gómez-Aguirre, S., H. Santoyo y A. Martínez, 1975. Plancton de Lagunas Costeras II Ciclo anual en la Laguna de Yavaros (1969-1970). Anales del Instituto de Biología, UNAM, serie Zoológica, en prensa 93 pp
- Gracia-Gasca, A. 1992. Explotación y manejo del recurso camarón. Ciencia y Desarrollo, XVIII (106) 83-95.
- Halsband-Lenk, C., H. J. Hirche, y F. Carlotti. 2002. Temperature impact on reproduction and development of congener copepod populations. J Experimental Marine Biology and Ecology. 271(2):121-153.
- Halsband-Lenk, C. 2001. Temperature impact on reproduction and development on congener marine copepods – a key to distribution patterns? Tesis Doctoral, Universidad de Oldenburg, Alemania 278 pp.
- Halsband, C. y H. J. Hirche. 2001. Reproductive cycles of dominant calanoid copepods in the North Sea. Marine Ecology Progress Series. 209:219-229.
- Halsband-Lenk, C., s. Nival, F. Carlotti, H. J.Hirche. 2001. Seasonal cycles of egg production of two planktonic copepods, *Centropages typicus* and *Temora stylifera*, in the north-western Mediterranean Sea. J Plankton Res 23(6):597-609.

- Hendrickx, M. E. 1996. Los camarones *Penaeoidea* bentónicos (Crustácea: Decapoda: Dendobranchiata) del Pacífico mexicano. ICMyL UNAM CONABIO, México. 147 pp.
- Hendrickx, M. E. 1995. "Camarones". En: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V. H. Niem (eds). "Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico central-oriental". FAO, Roma, 417-537.
- Instituto nacional de la Pesca (INP). 2001. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y manejo. SAGARPA 1111 pp.
- ITIS Report. 2002. www.itis.usda.gov. Visto el 12 de mayo de 2005.
- King, M. 1995. Fisheries Biology, Assessment and Management. Fishing News Books. Victoria, Australia, 338 pp.
- Kinne, O. 1970. A comprehensive, integrated treatise on life in the oceans and coastal waters. Marine Ecology Environmental factors. John Wiley & Sons New York. Vol 1
- Leal-Gaxiola, A., J. López-Martínez, E. A. Chávez, S. Hernández-Vázquez and F. Méndez-Tenorio. 2001. Interannual variability of reproductive period of the

brown shrimp, *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) (Decapoda, Natantia). *Crustaceana*. 74(9): 839-851.

Leal-Gaxiola, A. 1999. Análisis de la variabilidad interanual en el patrón reproductivo y talla de primera madurez sexual del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) en el litoral sonorense. Tesis Profesional Facultad de Ciencias del Mar UAS. Mazatlán, Sinaloa. 55 pp.

Licea, D. S. 1974. Sistemática y distribución de diatomeas de la Laguna de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 1 (1): 99-157.

Licea-Durán, S., 1971. Sistemática, distribución y variación estacional de diatomeas de la Laguna de Agiabampo- Son./Sin., México. Tesis profesional. UNAM. 34 pp.

López-Martínez J, C. Rabago-Quiroz, M. O. Nevarez-Martínez, García-Juárez A. R., G. Rivera-Parra y J Chavez-Villalba. 2005. Growth, reproduction and size at first maturity of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) along the east coast of the coast of the Gulf of California, México. *Fisheries Research*, 71: 93-102.

López-Martínez J, Arreguín-Sánchez F., Hernández-Vázquez S., García-Juárez A. R. y W. Valenzuela-Quíñonez. 2003. Inter-annual variation of growth of the

brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* and its relation to temperature. *Fish Res* 61:95-105.

López-Martínez, J., F. Arreguín-Sánchez, S. Hernández-Vázquez, A. R. García-Juárez, W. Valenzuela-Quiñonez. 2002. Interannual variation of growth of the brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis* and its relation to temperature. *Fisheries Research*. 1471: 1-11.

López-Martínez, J., F. Garcia-Dominguez, E. Alcántara-Razo y E. A. Chávez. 1999. Periodo reproductivo y talla masiva del camarón de roca *Sicyonia penicillata* (Decapoda: Sicyoniidae) en Bahía Kino, Sonora, México. *Rev. Biol. Trop.* 47(1-2): 109-117.

Love, M. S. and A. Brooks. 1997. Size and age at first maturity of the California Halibut *Paralichthys californicus* in southern California Bight *Fish Bulletin* 174: 167-174.

Love, M. S. and K. Johnson. 1999. Aspects of the life histories of grass rockfish, *Sebastes rastrelliger*, and brown rockfish, *S. auriculatus*, from southern California. *Fisheries Bulletin* 97(1): 100-109.

Manzano-Sarabia, M. 2003. Distribución y abundancia del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* en el Sistema Lagunar de Agiabampo, Sonora-Sinaloa México. Tesis de Maestria CIBNOR, La Paz, B.C.S. 76 pp

- Mathews, C. P. 1981. A review of the North American penaeid fisheries, with particular reference to Mexico. *Kuwait Bulletin of Marine Science* 2: 325-409.
- Méndez-Tenorio, F. J. 1986. Aspectos relativos a la madurez gonádica en camarón de altamar en las costas de Sonora y Baja California. *Memorias del Primer Intercambio Académico sobre Investigaciones del Mar de Cortés. Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, Hermosillo, Sonora, México*, p 230-244.
- Ocampo, L., H. Villarreal, M. Vargas, G. Portillo y F. Magallón. 2000. Effect of dissolved oxygen and temperature on growth, survival and body composition of juvenile *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes). *Aquacult Res* 31(2):167-171.
- Ortega, M. M., J. Ruíz C. y M. G. Oliva M. 1986. La vegetación sumergida en la Laguna, Agiabampo, Sonora-Sinaloa. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botanica*, 57:59-108.
- Penn, J.W. 1980. Spawning and fecundity of the western king prawn, *Penaeus latisulcatus* Kishinoue, in Western Australia waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* (31): 21-35.
- Pérez-Farfante, I. y B Kensley,. 1997. Penaeoid and Segestoid Shrimps and Prawns of the World. Keys and Diagnoses for the Families and Genera. ---Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle. (Paris) T. 175 Zoology pp 1-233.

- Pérez-Farfante, I. 1988. Illustrated key to Penaeoid shrimps of commerce in the Americas. NOAA Technical Report NMFS 64: 1-32.
- Pérez-Farfante, I. 1969. Western Atlantic shrimp of genus *Penaeus*. Fishery Bulletin. 67(3): 461-591.
- Pérez-Velázquez, M. and A. Gracia. 2000. Fecundity of *Litopenaeus setiferus*, *Farfantepenaeus aztecus* and *F. duorarum*, in the Southwestern Gulf of Mexico. Gulf and Caribbean Research. 12: 1-9.
- Rabago-Quiroz, C. 1999. Crecimiento, patrón de reclutamiento y talla de primera madurez sexual del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871), en el litoral sonorense. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Los Mochis, Sinaloa. 66 pp.
- Riera, P., P. A. Montagna, R. D. Kalke, P. Richard. 2000. Utilization of estuarine organic matter during growth and migration by juvenile brown shrimp *Penaeus aztecus* in a South Texas estuary. Mar Ecol Prog Ser 199:205-216.
- Roa, R., B. Ernst. 1999. Age structure, annual growth, and variance of size-at-age of the shrimp *Heterocarpus reedi*. Marine Ecology Progress Series. 137: 59-70.

- Robertson, D. N. and M. J. Butler IV. 2003. Growth and size at maturity in the spotted spiny lobster *Panulirus guttatus*. *Journal of crustacean biology* 23(2) 265-272.
- Rodríguez de la Cruz M. C. 1981. Estado actual de la pesquería del camarón en el Pacífico mexicano. *Ciencia Pesquera I* (1): 53-60.
- Romero-Sedano, J. C., E. A. Aragón-Noriega, M. M. Manzano-Sarabia, C. A. Salinas-Zavala & A. R. García-Juárez. 2004. Periodo Reproductivo de camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) en la laguna costera de Agiabampo, Sonora-Sinaloa, México. *Ciencias Marinas* 30(3): 465-475
- Santamaría-del-Angel, E., S. Alvarez-Borrego, F. E. Müller-Karger. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *J Geoph Res* 99:7411-7421.
- Signoret de Brailovsky, J. 1975. Plancton de lagunas costeras XIII. *Pleurobrachia bachei* Agassiz, de la laguna de Agiabampo. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 17: 249-254.
- Soto-Mardones S, S. G. Marinone, A. Parés-Sierra. 1999. Time and spatial variability of sea surface temperature in the Gulf of California. *Cienc Mar* 25(1):1-30.

- Sparre, P. & S. C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca no. 306.1 Rev. 440 pp.
- Urias-Laborín, D., F. Dorado-Villanueva y M.S. Burrola-Sánchez. 2002. Batimetría de estero Agiabampo. Informe Técnico Interno para el proyecto 908-1G. Laboratorio Especializado de Manejo Costero, CIBNOR, S.C. Unidad Guaymas, Sonora. 109 pp.
- Villarreal H and L. Ocampo. 1993. Effect of size and temperature on the oxygen consumption of the brown shrimp *Penaeus californiensis* (Holmes, 1900). *Comp Biochem Physiol* 106A (1):97-101.
- Wickins, J. F. 1976. Prawn biology and culture. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev* 14:435-507.
- Zamora-Sanchez, M. E. y S. Gómez-Aguirre. 1985. Una especie nueva del subgénero *Acanthacartia* Steuer 1915 (Copepoda: Acarhiidae), de la laguna costera de Agiabampo, Sonora, México. *Anales de Instituto de Biología, UNAN, serie Zoologica*, 56 (2): 337-342.