



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA

LA PESQUERIA DEL CAMARON EN EL SISTEMA LAGUNAR
CARRETAS - PEREYRA: DETERMINACIÓN DE SU
SUSTENTABILIDAD

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

P R E S E N T A
GUSTAVO RIVERA VELÁZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
CODIRECTOR DE TESIS: DR. EDUARDO JORGE NARANJO PIÑERA

MÉXICO, D.F.

Noviembre, 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por el apoyo brindado para la realización de este estudio.

Al programa de mejoramiento al profesorado (PROMEP) y a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) por el otorgamiento de la beca para estudios de posgrado.

Al Fondo Sectoriales SAGARPA-CONACYT por el apoyo financiero para el proyecto de investigación 160, 2003-002.

Al personal de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), así como a las Sociedades Cooperativas de Pescadores de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, de quienes recibí constante apoyo logístico y vehículos.

A la delegación federal de pesca SAGARPA, quién proporcionó una gran parte de los datos analizados en este estudio

A los miembros de mi Comité Tutor:

Dr. Isaías H. Salgado Ugarte

Dr. Eduardo J. Naranjo Piñera

Dr. Luis A. Soto García.

A los miembros del Comité Revisor del manuscrito y Jurado para el examen de grado, por compartir su experiencia en sus propios campos para mejorar el escrito final: Dr. Francisco X. Chiappa Carrara, Dr. José R. Latournerie Cervera, Dra. M. L. Andrea Raz-Guzmán Macbeth y Dra. Laura E. Sanvicente Añorve.

Agradezco particularmente

Al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, por aceptar guiar esta tesis, su apoyo incondicional, su paciencia y su amistad.

Al Dr. Eduardo J. Naranjo Piñera, por su decidido apoyo de principio a fin, como amigo y como tutor de inquebrantable rigor científico.

Al Dr. Luis A. Soto García, por compartir su profundo conocimiento y experiencia para mejorar la propuesta y la investigación, y por el honor de su amistad.

A mis colaboradores en campo y estudiantes de la Escuela de Biología de la UNICACH, L. Fabiola González Velázquez, Víctor A. Villatoro Álvarez, Adán E. Gómez González. Además, al compañero de trabajo y entusiasta colaborador en campo Nicolás Santiago, y a mi compañera y amiga Floritel Zenteno U. Todos ellos importantes para realizar este proyecto.

A la familia Hernández Navarro, Olga María Hernández y Olga Elena Rodríguez por su apoyo y amistad.

Agradezco especialmente a mi mamá, a mi papá, a mis hermanas y a mis hermanos, siempre apoyándome, siempre animándome, siempre conmigo.

De la misma manera a mi esposa Ita-Andehui Hernández Navarro y a mis hijos Aarón Gerónimo e Ita-Andehui Erendira Rivera Hernández, por su apoyo, paciencia y amor todos los años.

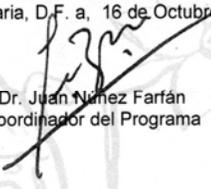
Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 4 de Agosto de 2008, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de DOCTOR EN CIENCIAS del alumno GUSTAVO RIVERA VELÁZQUEZ con número de cuenta 79511128 con la tesis titulada: "La pesquería del camarón en el sistema lagunar Carretas Pereyra: Determinación de su sustentabilidad", realizada bajo la dirección del DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE:

Presidente:	DR. LUIS ARTURO SOTO GONZÁLEZ
Vocal:	DR. JOSÉ ROMÁN LATOURNERIE CERVERA
Vocal:	DR. FRANCISCO XAVIER CHIAPPA CARRARÁ
Vocal:	DRA. LAURA SANVICENTE AÑORVE
Secretario:	DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
Suplente:	DR. EDUARDO JORGE NARANJO PIÑERA
Suplente:	DRA. MARÍA LUISA ANDREA RAZ-GUZMÁN MACBETH

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a, 16 de Octubre de 2008.


Dr. Juan Núñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado.

INDICE

Capítulos

Resumen.	1
Abstract.	2
1. Introducción General.	4
El camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i>	6
Descripción.....	6
Biología.....	7
Distribución.....	7
Hábitat.....	8
El sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra.	8
Localización geográfica y descripción general.	8
Geomorfología.	9
Hidrología.	9
Clima.	11
Población humana.	11
La pesquería de camarón.	12
La pesquería de camarón en sistemas lagunares-estuarinos.	12
La pesquería de camarón en el sistema Carretas-Pereyra.	13
Objetivos.	16
2. Crecimiento, mortalidad y patrón de migración de camarón blanco (<i>Litopenaeus vannamei</i>) en el sistema lagunar-estuarino Carretas- Pereyra del sur de México.	19
Introducción.	19
Área de estudio.	20
Materiales y métodos.	21
Resultados.	26
Factores ambientales.	26

	Distribución y abundancia.	27
	Composición de tallas y edad de migración.	29
	Crecimiento y mortalidad.	31
	Discusión.	35
	Distribución y abundancia.	35
	Composición por tallas y edad de migración.	37
	Crecimiento.	38
	Mortalidad.	40
3.	El concepto de Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) como base para la evaluación de una pesquería de camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i> Boone, 1931) en un sistema lagunar-estuarino.	44
	Introducción.	44
	Materiales y métodos.	46
	Resultados.	50
	Operación de la flota artesanal.	50
	Tendencia de la captura.	50
	Tendencia del esfuerzo.	52
	Análisis de la captura vs esfuerzo.	55
	El efecto El Niño.	56
	RMS, E_{RMS} , RMP y E_{RME}	57
	Discusión.	58
	Esfuerzo pesquero.	58
	Tendencia de la captura de camarón y del esfuerzo pesquero. ...	59
	Captura de camarón vs esfuerzo pesquero.	61
	Influencia medioambiental.	61
	RMS, RMP, E_{RMS} y E_{RME}	63
4.	La pesquería de camarón blanco en un sistema lagunar-estuarino al sur de México: evolución y manejo durante el periodo 1983-2006.	67
	Introducción.	67

Área de estudio.	68
Materiales y métodos.	69
Resultados.	70
Flota artesanal.	70
Embarcaciones.	70
Atarraya camaronera o esparavel.	70
Encierro estacional.	70
Mano de obra.	71
Captura.	72
Desarrollo histórico.	72
Infraestructura y procesamiento del producto.	73
Régimen de propiedad.	73
Temporalidad de la captura.	74
Discusión.	75
5. Conclusiones.	80
Literatura citada.	82
Apéndice.	90

Resumen

La sustentabilidad de la pesquería del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) se estudió en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas, México. Pescadores de cinco asociaciones dependen directamente de la especie, el sistema de explotación obedece al potencial reproductivo del camarón, pero también al valor comercial del mismo y al contexto socioeconómico de los pescadores. De marzo del 2004 a diciembre del 2006 se recolectó un total de 3503 camarones con un muestreo mensual en 22 sitios. Se estudió el crecimiento, la mortalidad y el patrón de migración del camarón en el sistema, y la distribución espacial y la abundancia fueron analizadas con relación a la salinidad, temperatura y substrato. Se empleó a los estimadores de densidad por Kernel (EDK), como un camino objetivo y preciso para el estudio de la distribución de frecuencias de tallas. La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) se analizó del periodo 1983-2006, con un modelo dinámico de biomasa. El estudio confirma que el reclutamiento de postlarvas de camarón es continuo en las costas del Pacífico sur de México. No obstante, a lo largo del año se reconocen dos cohortes principales, describiendo un reclutamiento bimodal, asociadas a las condiciones prevalecientes durante la estación de estío: entre diciembre-enero y marzo-mayo. Los resultados de este estudio sugieren una constante declinación de la abundancia del camarón y de la rentabilidad de la pesquería debida a la sobreexplotación. Sin embargo, el complejo ciclo de vida de *L. vannamei* y el recurrente rebrote de su abundancia pueden favorecer la eventual recuperación de esta población local. Los problemas de fondo son el régimen de acceso abierto al recurso, y el incumplimiento de la ordenación pesquera. En el futuro, el éxito de la pesquería depende probablemente tanto de factores biológicos como económicos. La biomasa, productividad reproductiva y las condiciones ambientales son componentes básicos de este complejo sistema, pero los cambios anuales en esfuerzo y los costos y beneficios económicos son también de trascendental importancia. El monitoreo completo de la pesquería del sistema Carretas-Pereyra debe incluir estas variables.

Abstract

The sustainability of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fishery was studied in the Carretas-Pereyra coastal lagoon system, Chiapas, Mexico. Fishermen of five associations depend directly on this fishery, being their exploitation system dependent upon the reproductive potential and commercial value of shrimp. A total of 3503 shrimp specimens were collected at 22 sites between March 2004 and December 2006. Shrimp spatial distribution and abundance were analyzed in relation to salinity, water temperature, and substrate. Catch per unit effort (CPUE) from 1983 to 2006 was also analyzed through a dynamic biomass model. This study confirmed that shrimp postlarvae recruitment is continuous in the south Pacific of Mexico. Nevertheless, two main annual cohorts are recognized: December-January, and March-May. The results of this study suggest a serious decline in shrimp abundance and profitability due to overexploitation. However, the complex life cycle of *L. vannamei* and the recurrent increase of its abundance may favor the eventual recovery of its local populations. Basic problems of this fishery are its open-access regime, as well as the weak enforcement of fishing regulations. The future of this fishery will probably be strongly influenced by both biological and economic factors. Shrimp biomass and reproductive productivity along with environmental conditions, are primary components of this complex system, but annual changes in fishing effort and economic costs and benefits are also important. A complete monitoring of the Carretas-Pereyra fishery should include these variables.

Capítulo 1

CAPITULO 1

Introducción general

Las lagunas costeras y los estuarios, aunque geológicamente jóvenes (menos de 5000 años de edad), son ecosistemas numerosos, con estructura y dinámica complejas que resguardan comunidades de elevada diversidad biótica (Day *et al.*, 1989). Dentro de esas comunidades, las diversas especies de camarones tienen papeles importantes. Son consumidores de materia orgánica proporcionada por un sustrato rico en vegetación acuática y manglares (Hendrickx, 1995). Son una presa importante para aves, peces y crustáceos depredadores (Menz, 1976) con lo que ayudan a mantener la dinámica del ecosistema, y también son la especie objetivo para el hombre en pesquerías importantes (Gamboa-Contreras y Tapia-García, 1998).

Las lagunas costeras en las costas del Pacífico de México cubren un área de 597500ha, y de éstas, 76238ha se encuentran en el estado de Chiapas. El presente estudio se realizó en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, el cual fue considerado conveniente por varias razones: soporta una gran pesquería comercial dentro de la Reserva de la Biosfera “La Encrucijada” basada casi exclusivamente (95% según Ramos-Cruz, 2000) en la captura de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei* Boone 1931) en sus estadios juveniles (INE, 1999; Ramos-Cruz, 2000), conforma una unidad discreta ya que es un ambiente que permanece semicerrado con una sola salida estrecha al océano, y finalmente, porque a pesar de su importancia social y económica, el sistema está escasamente estudiado. Esto último tiene mayor relevancia porque la producción de camarón de estero, en las últimas décadas, ha presentado variaciones significativas, y más recientemente una tendencia a declinar (SEMARNAP, 2000) lo que ha provocado conflictos entre los pescadores ribereños y los de altamar, así como entre los mismos pescadores ribereños (Tapia-García y Gutiérrez-Díaz, 1998).

Para el Golfo de Tehuantepec, región fisiográfica a la que pertenece el sistema estudiado, la mayor parte de los antecedentes de investigación existentes sobre la actividad pesquera y los recursos pesqueros consiste en informes inéditos y planes y programas de

desarrollo regional. Entre los antecedentes publicados se encuentran el de Medina-Reyna (2001) quien documentó la variación del patrón espacio-temporal de la distribución y abundancia, así como del crecimiento de *L. vannamei* en la laguna Mar Muerto Oaxaca-Chiapas. En este mismo sistema, Ramos-Cruz (2000) calculó la tasa de crecimiento y describió la estructura de edades de *L. vannamei*. Ramos-Cruz y Ramos-Santiago (2006) describieron la abundancia relativa de postlarvas de camarones peneidos en la bahía Salinas del Marqués, en el Golfo de Tehuantepec.

Los estudios previos en el sistema Carretas-Pereyra se han orientado en temas socioeconómicos. El Instituto de Historia Natural a través del Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica Asociación Civil (IDESMAC) realizó el “Estudio Socioeconómico en la Cuenca Hidrológica de Pijijiapan, Chiapas” (IDESMAC, 1998). Ovalle (1999) describió el proceso de comercialización del camarón en la costa de Chiapas, y posteriormente el mismo autor (Ovalle, 2001) describió la estructura familiar y ocupacional, vivienda, proceso de captura, medios de trabajo, proceso de comercialización y cooperativismo en el sistema Carretas-Pereyra.

Este estudio constituye la primera evaluación cuantitativa de la sustentabilidad de la pesquería de camarón en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra: desde un enfoque de aprovechamiento sustentable como aquel que asegura que el recurso este disponible para las generaciones futuras pero satisface las necesidades y aspiraciones de la gente que lo usa (Robinson y Redford *vide en* Fang *et al.*, 1997). Para lograrlo, primero se determinó la distribución anual de *L. vannamei*, sus patrones de abundancia, tasas de crecimiento y mortalidad, así como el comportamiento migratorio de los estadios juveniles dentro del sistema estudiado. Esta información y aquella obtenida de estudios efectuados por diferentes autores, sirvió para realizar un estimado actualizado sobre las capturas totales recomendables, analizando la tendencia de la captura y revisando el desarrollo de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE). Finalmente se discutió acerca de cómo el medio ambiente natural y el social del sistema lagunar-estuarino condicionan el estado y patrón de uso de la población de camarón. La información detallada contenida en el documento puede ser la base de recomendaciones para mejorar el manejo de la pesquería.

El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)

Litopenaeus vannamei Boone 1931, es conocido como camarón blanco del Pacífico o camarón patas blancas. Su origen está en el océano Pacífico americano. Se encuentra en aguas marinas tropicales con temperaturas normalmente por arriba de 20°C a lo largo del año. Prefieren condiciones eurihalinas pero resisten salinidades que van de 0 a 55⁰/₀₀. Los machos alcanzan una longitud total de 187mm y maduran sexualmente a un peso de 20g. Las hembras son más grandes con una longitud de 230mm y alcanzan la madurez sexual a los 28g de peso total y a la edad de 6-7 meses.

Descripción

El rostro está armado con 8-9 dientes dorsales y generalmente 2-4 (ocasionalmente 5-8) ventrales; en los individuos jóvenes es moderadamente largo, sobrepasando el pedúnculo antenular. En los adultos es corto, algunas veces solo alcanza la mitad del segundo segmento antenular. El carapacho tiene las espinas antenal y hepática pronunciadas y faltan la espina orbital y pterigostomiana. El surco postorbital está ausente. La carina postrostral es de longitud variable; algunas veces alcanza el margen posterior del carapacho. La carina y el surco adrostral son cortos y extendidos solo ligeramente más allá del diente epigástrico. Carina gastrofrontal ausente, considerando que la carina gastro-orbital es relativamente corta, generalmente extendida anteriormente (a lo más) cerca de dos terceras partes de la distancia entre la espina hepática y el margen orbital. El surco orbito-antenal está bien marcado, y las carinas cervical y hepática afiladas y profundas acompañando el surco. Carina branquiocardial ausente, al igual que las suturas transversales. El sexto somito abdominal con tres cicatrices, el sulcus dorsolateral extremadamente estrecho o ausente. El telson desprovisto de espinas. En las anténulas falta la espina parapeneido y los flagelos antenulares son mucho más cortos que el carapacho. Los palpos de la primera maxila son largos, consisten de 3 o 4 artejos, con los de posición distal flageliformes. El artejo basal está producido dentro de un lóbulo proximal setoso sobre el margen lateral y mesial, los cuales llevan 1 o 2 espinas largas distomesiales y una fila de espínulas distolaterales. Están presentes las espinas basal e isquial sobre el primer pereopodo, y una espina basal sobre el segundo (Pérez-Farfante y Kensley, 1997).

Biología

El camarón blanco es un invertebrado de regiones intertropicales y subtropicales, euritermicos y eurihalinos, con intervalos óptimos para su crecimiento de 24-28 °C y 23-36‰ de salinidad, de hábitos bentónicos como juveniles y adultos. Vive la mayor parte del tiempo en zonas influenciadas o en estrecha relación por los deltas de ríos, estuarios o lagunas costeras. Presenta dimorfismo sexual, madura y se reproduce en mar abierto entre los 15 y 50 metros de profundidad, sus huevos son demersales y después de la eclosión tiene once estadios larvales planctónicos, pasando de una fase a otra por medio de una muda: cinco nauplios, tres protozoa y tres mysis. En la última muda se transforma en una postlarva que ya tiene la apariencia general del adulto pero su fórmula rostral es incompleta. En *L. vannamei* el carapacho es translúcido, lo que permite ver las gónadas. En las hembras las gónadas primero son blanquecinas cambiando a café-dorado o café-verdoso el día del desove (Brown y Patlan, 1974). El macho sólo deposita su espermatóforo sobre el exoesqueleto de la hembra la cual desovarás unas horas después. El cortejo comienza por la tarde y está relacionado con la intensidad de luz. La regresión de los ovarios en desarrollo es muy rara y casi siempre logran desovar. El proceso de desove comienza con saltos súbitos y nado activo de la hembra, durando aproximadamente un minuto. La reacción cortical es muy rápida y la primera segmentación ocurre en pocos minutos (Ogle, 1992). El número de huevos varía de acuerdo al tamaño del individuo, para tallas entre 30 y 45g la puesta será entre 100000 y 250000 huevos. Los huevos son aproximadamente de 0.22mm de diámetro. La eclosión del primer estadio nauplio ocurre aproximadamente 14 horas después del desove (Aquacop, 1979). Tarda en llegar a los estuarios y lagunas costeras aproximadamente dos a tres semanas, entonces ya ha alcanzado tallas entre seis y doce milímetros de longitud total. En los sistemas lagunares-estuarinos permanece de tres a cuatro meses y ya en etapa juvenil o adulto joven regresa al mar (Hendrix, 1995).

Distribución

Litopenaeus vannamei se distribuye en el Pacífico, desde Sonora, México hasta Tumbes en el norte de Perú. La localidad tipo es el Golfo de Panamá. (Pérez-Farfante y Kensley, 1997). En México, se distribuye desde la Bahía de Yavaros Sonora hasta la frontera con

Guatemala, sin que su distribución sea uniforme en todo el litoral. Es menos abundante con respecto a otras especies de camarón desde Yavaros hasta el río San Lorenzo, Sinaloa. Sin embargo, desde este río hasta Nayarit es la especie dominante, pues en los sistemas lagunares la proporción de captura es hasta del 95% (Sierra *et al.*, 2001).

Hábitat

Litopenaeus vannamei es característico de fondos lodosos o arenosos con lodo. Los adultos son esencialmente marinos y han sido capturados entre 5 y 72 m de profundidad, pero en aguas costeras marinas se encuentran frecuentemente entre 1 y 4m. La especie depende de los sistemas lagunares y estuarinos para su crecimiento (Hendrickx, 1995). En la zona del Golfo de Tehuantepec la corriente nor-ecuatorial que se acentúa en los meses de noviembre a enero y la acción de los vientos del norte que soplan con intensidad variable desde octubre hasta abril imprimen a esta zona características típicas en el clima oceánico, como los desplazamientos y “afloramientos o surgencias” de las masas de agua. Este fenómeno físico produce variaciones en la temperatura que tienen efecto en el comportamiento de las especies de importancia comercial distribuidas a lo largo de las costas de Chiapas y Oaxaca (Reyna-Cabrera y Ramos-Cruz, 1998). Dentro de las comunidades costeras el camarón tiene papeles importantes: consume materia orgánica proporcionada por un sustrato rico en vegetación acuática y por la presencia de manglares (Hendrickx, 1995), constituye una presa importante para aves, peces y crustáceos depredadores (Menz, 1976) contribuyendo a mantener la dinámica del ecosistema, y también es la especie objetivo para el hombre durante su actividad pesquera (Gamboa-Contreras y Tapia-García, 1998).

El sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra

Localización geográfica y descripción general

El área de estudio está situada en el Pacífico sur de México, en el Golfo de Tehuantepec (Figura 1.1), entre los 15° 24' 45" y 15° 32' 24" de latitud norte y los 93° 06' 10" y 93° 14' 44" de longitud oeste (INE, 1999). Está integrada por lagunas costeras y estuarios, y ambos tipos de ambientes conforman en conjunto el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra.

Las lagunas más importantes por su tamaño son Carretas (5.6km²) situada al norte del sistema, Pereyra (3.3km²) en el oeste y Buena Vista (0.8km²) ubicada hacia el sureste. El sistema presenta un cordón estuarino que inicia su recorrido en la laguna Carretas con trayectoria norte-sur, en la región sureste adyacente a la localidad El Zapotal vira en dirección noroeste e inmediatamente se divide en dos ramales: el canal inferior, el más amplio (hasta 300m de ancho), es conocido como estero La Bolsa y el superior como estero La Barrita (de 50m ancho promedio) ambos recorren aproximadamente 10km y se comunican al mar por la boca Pijijiapan frente a la laguna Pereyra (Figura 1.1). Esta bocabarra es efímera, pero desde 1998 se mantiene abierta permanentemente mediante dragados. También existe una serie de canales interlagunares, naturales y artificiales (de la Lanza, 1992; Contreras, 1993; INE, 1999).

Geomorfología

La planicie costera de Chiapas tiene una extensión de 255.69km, presenta una amplitud mínima de 22km (a la altura de El Porvenir) y una máxima de 62km (Huixtla), forma parte del complejo basal del periodo Cuaternario. Está conformada en su mayoría por terrenos planos, sin embargo, existen algunas irregularidades como la Montañita del Zorrillo en el municipio de Acapetahua y otras de menor importancia (INEGI, 1998).

Hidrología

El área se asienta en la región hidrológica No. V que comprende parte de la zona Oaxaqueña y se prolonga al sureste hasta los límites con Guatemala (CNA, 2001). Tres ríos perennes y una serie de arroyos estacionales participan en la dinámica hidrológica del sistema. Estas cuencas se originan en la Sierra Madre del Sur, son de curso muy corto (entre 30 y 100km) y se dispersan en las lagunas o estuarios antes de llegar al océano Pacífico (INE, 1999): el Río Pijijiapan desemboca en el estero Santiago, aproximadamente cinco kilómetros al noroeste del sistema. El Río Coapa desemboca en una serie de pequeñas lagunas (Rancho Viejo y Coapita) localizadas al norte de la laguna Pereyra. El Río Margaritas también desemboca en pequeñas lagunas al norte del sistema (Laguna Río Bobo) y en las lagunas Carretas y Buena Vista. Entre las corrientes que también desembocan en el sistema lagunar en la época de precipitación están Río Caña Brava, Río Bobo, Río Progreso y Canal de la Vaca. La

descarga de los ríos es más evidente en las lagunas Carretas y Buena Vista, donde mantiene de forma permanente bajas concentraciones de salinidad, aunque la variación de ésta depende de tres factores: el flujo de marea, la tasa de evaporación y las corrientes superficiales. El sistema tiene un intervalo de amplitud de marea entre 100 y 160cm (de la Lanza, 1992).

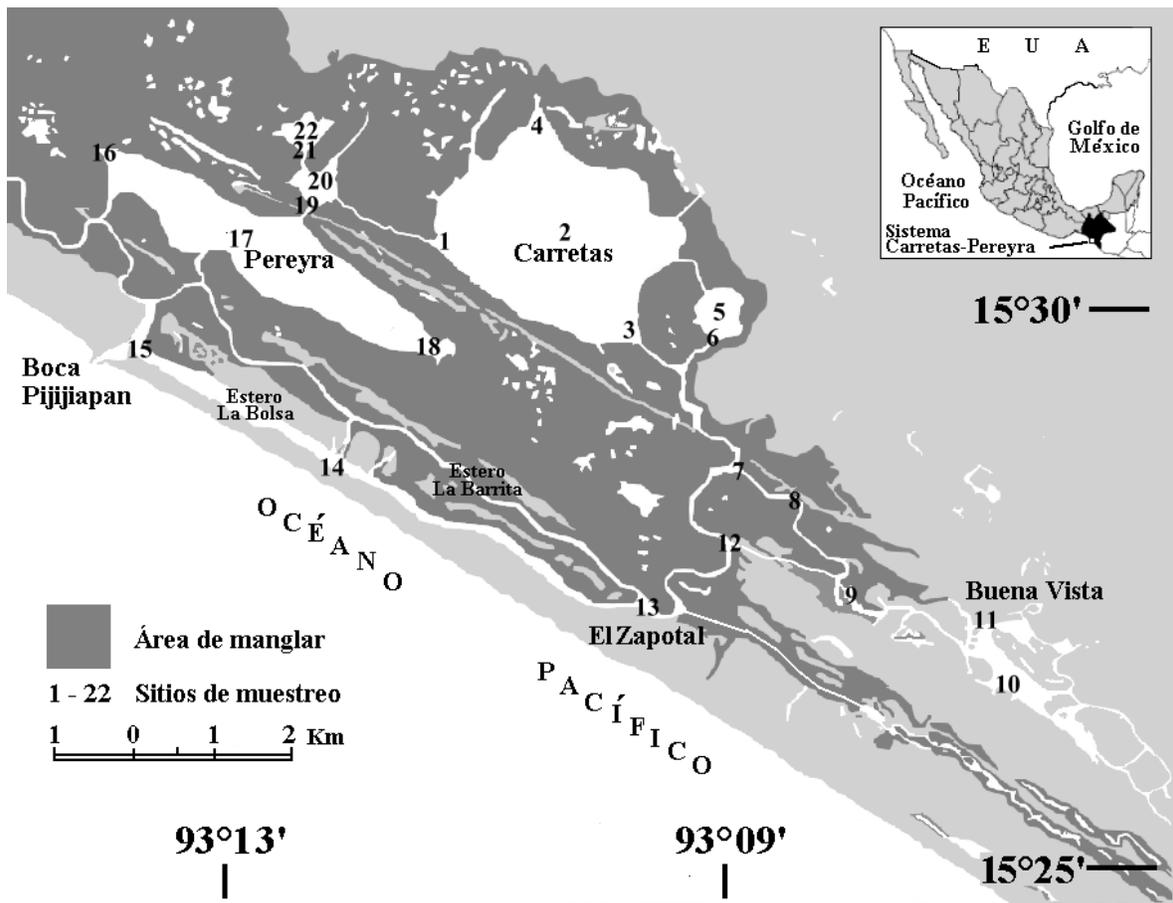


Figura 1.1. Sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Reserva de la Biósfera La Encrucijada, México (Modificado de INE, 1999).

Clima

El clima es $A(W)_1 (W)_i$, cálido subhúmedo isotermal con una estación definida de lluvias en verano. En la región son muy marcadas las épocas de estío y precipitación: la primera abarca de noviembre a abril y la segunda de mayo a octubre. El mes de máxima precipitación (540.8mm) es septiembre y el mes menos lluvioso es enero (4mm). En el periodo de noviembre a abril el número de días con lluvias apreciables (lluvia mayor a 0.1mm) es menor a 29. La precipitación total anual es de 1700mm. La temperatura promedio anual es de 29°C y la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es menor a 5°C (Figura 1.2; INEGI, 1995).

Población humana

En la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, en el área conocida como “Los Conchales”, se han recuperado objetos dejados por grupos de pescadores-recolectores de la época comprendida entre los años 3000-1700 y 1750-1650 a.C. Esta última etapa es conocida como fase Chantuto y representa la segunda ocupación más antigua para Chiapas y Mesoamérica (INE, 1999). Los hallazgos arqueológicos encontrados en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola indican que la actividad pesquera se practicaba ya desde hace por lo menos 5000 años en las lagunas costeras de Chiapas (Voorhies *et al.*, 1991). En épocas posteriores habitaron esta área grupos pertenecientes a la etnia Mame, de la familia Maya-Quiche, que se dedicaron principalmente a la agricultura y el comercio. Hacia finales del siglo XV llegaron los Aztecas a la zona para establecer frentes militares y de comercio (Esponda, 1993). Al parecer la población de la región fue escasa y los problemas de destrucción acelerada de hábitat y pérdida de especies se presentaron hasta fechas relativamente recientes. Dos hechos importantes de la primera mitad del siglo XX contribuyen a mejorar la comunicación de los pobladores locales pero al mismo tiempo intensifican la inmigración: la llegada del ferrocarril a principios del siglo XX y la construcción de la carretera costera (No 200) en la década de los 1950.

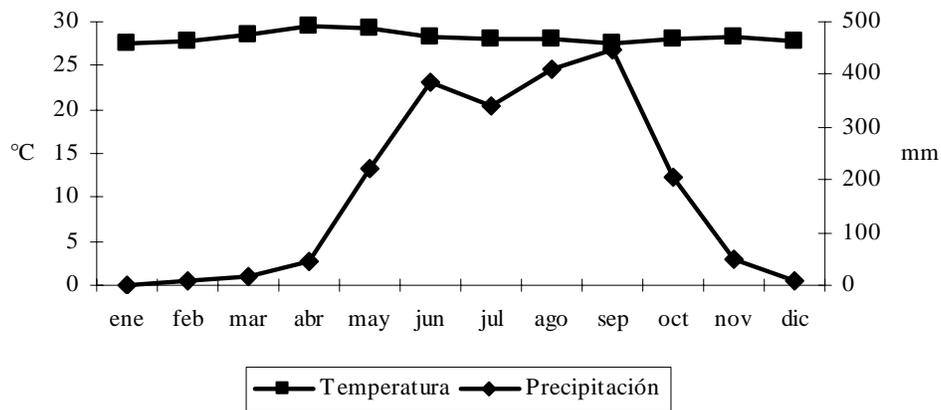


Figura 1.2. Temperatura media y precipitación mensual registradas en la estación meteorológica 00007129 Pijjiapan de 1971 al 2000. Servicio Meteorológico Nacional (CNA, 2007).

Actualmente la población asentada en la periferia del sistema Carretas-Pereyra se estima supera a los 5000 habitantes. Los poblados más cercanos asociados a la pesca en el sistema Carretas-Pereyra son El Palmarcito con 1118 habitantes, El Zapotal con 872 habitantes, Las Cuaches con 299, Isla Morelos con 330, Buena Vista con 337 habitantes, Totúan con menos de 100, Las Brisas con 1578, Los Tulipanes con menos de 100 y Ceniceros con 315 (INEGI, 2000). La población indígena original desapareció y dió paso a una población mestiza nacida de personas de otras regiones del estado, del país y aún de otros países (Medina, 1987). Sin embargo, los métodos de pesca tradicionales no han variado mucho: los encierros estacionales (tapos o encierros rústicos) y la atarraya (esparavel).

La pesquería de camarón

La pesquería de camarón en sistemas lagunares-estuarinos

Una característica de los camarones peneidos costeros, la existencia de un ciclo vital anfibiótico que incluye una fase juvenil costera o estuarina y una fase adulta de aguas neríticas, ha servido para que la misma población de camarones peneidos alimente

diferentes pesquerías. Los sistemas de lagunas costeras y estuarios de numerosos países tradicionalmente son explotados por la pesca artesanal debido a que esta pesca requiere poca inversión y proporciona grandes beneficios (García y le Reste, 1987), emplea muchas embarcaciones pequeñas y trampas fijas, por lo que su importancia socio-económica es mayor en países en desarrollo (Smith y Addison, 2003). Aquí las capturas están compuestas por camarones jóvenes de talla pequeña que aún no han completado su fase estuarina y por subadultos en emigración hacia el mar.

En México, la pesquería de camarón es una actividad económica social relevante que constituye una fuente de abundantes divisas y empleos. En ésta, el volumen de camarón de estuario representa el 6% de los desembarcos nacionales, y permite la subsistencia de pescadores de tiempo completo, temporales y de muchas personas que de alguna manera han sido desplazadas o no encuentran ya cabida en otras actividades primarias. Durante 2001 la captura nacional fue de casi 95 mil toneladas, de las cuales 75 mil se obtuvieron en el litoral del Pacífico. Esta actividad generó más de 60 mil empleos directos (Sierra *et al.*, 2001). En esta pesquería costera, *Farfantepenaeus californiensis* Holmes 1990 es la especie dominante, pero en los sistemas lagunares-estuarinos *Litopenaeus vannamei* Boone 1931 y *L. stylirostris* Stimpson 1871 constituyen la mayor proporción de las capturas (SEMARNAP, 2000).

La pesquería de camarón en el sistema Carretas-Pereyra

En el sistema Carretas-Pereyra, *L. vannamei* es la especie de mayor importancia socioeconómica. La explotación comercial del sistema la iniciaron pobladores de las localidades asentadas a lo largo de la red ferroviaria construida a principios del siglo XX. Las actividades principales de los habitantes del área eran la agricultura y la ganadería, la pesca se realizaba de manera temporal aunque representaba una buena fuente de ingresos sin mucha inversión y trabajo. Posteriormente, (décadas de 1920 y 1930) grupos de personas se asentaron a orillas de lagunas y estuarios en busca de tierras y fundaron las localidades que se conocen ahora (IDESMAC, 1998).

La Secretaría de Fomento Económico (1934) y la Secretaría de Desarrollo Económico (1937) promovieron la formación de sociedades cooperativas, logrando en 1941 constituir las sociedades cooperativas “Obreros del Mar” y “General Heriberto Jara”, y en

1942 “Archipiélago”. Por esta época la comercialización era escasa y se realizaba en fresco a pie de playa, o cocido y seco-salado para transportarlo en pacas fuera de la comunidad. La comunicación se efectuaba por agua mediante cayucos hasta la ranchería Palo Blanco o mediante el camino de carreta hasta la estación del tren Valdivia a 45km (IDESMAC, 1998). La captura se realizaba con atarraya de hilo de algodón y cayucos de madera. Para retener el camarón dentro del sistema se construían encierros estacionales con postes, varillas y ramas de mangle, las ramas se tejían en las varillas entre los postes. En los años cuarentas las empresas comercializadoras “Trejo” y “Pando” persuadieron a los pescadores a incrementar la producción, y trajeron técnicos del estado de Sinaloa para capacitarlos en la construcción y operación de los encierros tal como los conocemos ahora: con malla de 1.8cm ($\frac{3}{4}$ pulgada) de luz, ladrones y chiqueros para la cosecha de camarón.

La inmigración de personas a las poblaciones asociadas al sistema lagunar-estuarino para dedicarse a la pesca continuó. En los setentas, la construcción del camino de terracería desde la estación Valdivia (en 1973 hasta Zapotal) y la llegada de servicios de salud, provocaron un cambio en la actividad productiva, y la inmigración de familias de diversas localidades de la región contribuyó al rápido crecimiento de las cooperativas (IDESMAC, 1998). Los colonos nuevos también poblaron otros sitios, reclamaron áreas de pesca y formaron nuevas organizaciones. Los inmigrantes solicitaron su ingreso como socios a las cooperativas ya integradas, algunos fueron aceptados y otros no. Los no aceptados ejercían la actividad como pescadores libres (también nombrados “considerados” o “clandestinos”). Con pescadores libres, disidentes de las cooperativas y pescadores expulsados se conformaron nuevas asociaciones: “Brisas de Pijijiapan” (1988) y “Efraín Vázquez Ramos” (1991). En la actualidad continúa el mismo mecanismo. Además de los socios de las cooperativas, ejidatarios y pescadores libres realizan la pesca de manera regular y eventualmente pasan a formar parte de las cooperativas.

En los ochentas, otros factores indujeron cambios en la actividad productiva: se sustituyeron las atarrayas de algodón por las de hilo de nylon monofilamento, los cayucos de madera por los de fibra de vidrio y se introdujo el motor fuera de borda (IDESMAC, 1998). En esta época fue cuando se hicieron presentes los créditos de mallas, cayucos y motores fuera de borda por parte de la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado. La misma Secretaría construyó neveras modulares (que nunca funcionaron) con la

finalidad de reducir el intermediarismo en las localidades Palmarcito, El Zapotal e Isla Morelos. En 1995 la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca dió en concesión por 20 años para la explotación pesquera el sistema lagunar-estuarino a las cinco cooperativas del sistema. Actualmente están constituidas como Sociedades de Producción Pesquera de Bienes y Servicios de Régimen Limitado de Capital Variable (SPP). Sus actividades se basan principalmente en la explotación de camarón y en menor proporción en especies de escama. En 2006 la Secretaría de Pesca del Gobierno del Estado concluyó la construcción de atracaderos, estaciones de gasolina, plantas purificadoras de agua y nuevas fabricas de hielo en las mismas tres localidades. A la fecha aún no opera ninguna de estas instalaciones por falta de presupuesto.

Por consiguiente, la extracción de *L. vannamei* se ha realizado en forma incesante desde los años veinte, y a partir de entonces el esfuerzo pesquero se incrementó continuamente hasta 1995. Después de éste año el registro oficial de socios ha variado poco. El mayor crecimiento del esfuerzo se registró en los años setentas. En la actualidad las cinco SPP reúnen 1086 socios en total. Durante el periodo 1983-2006 las capturas de camarón en el sistema presentaron una pronunciada variación en la producción anual (osciló entre 50 y 806t).

La importancia ecológica, social y económica de la pesquería de *L. vannamei* en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra demanda programas de manejo para su conservación, y para ello requiere evaluaciones confiables del stock el cual se ha investigado escasamente. Las medidas reglamentarias actuales para el manejo del recurso camarón de las costas occidentales de México consideran la aplicación de vedas en el mar, la restricción del esfuerzo y la regulación de artes de pesca, en los términos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOMPESC-006-1993 (DOF, 93). Sin embargo, el Instituto Nacional de la Pesca (INP) reconoce que para los sistemas lagunares no se dispone de datos de esfuerzo, y por tanto, la tasa de aprovechamiento artesanal es un parámetro que permanece constante en la serie de datos utilizada para sus evaluaciones (García-Borbón *et al.*, 2004). Por lo tanto, para los sistemas lagunares-estuarinos la variación en las capturas no se ha descrito mediante registros del esfuerzo ejercido, a pesar de que los estudios de este tipo permiten visualizar la evolución de la pesquería en el tiempo, y con ello evaluar la eficiencia de las medidas de manejo vigentes (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001).

Los efectos de la pesca pueden resumirse en cambios en la diversidad de especies y procesos de ecosistemas, modificación de hábitats, pérdida de depredadores y reducción del stock de la especie objetivo (Thrush y Dayton, 2002; Godínez-Domínguez, 2003). Los modelos de producción excedente requieren información sobre la biomasa para estimar el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS). En la práctica, la estimación de la biomasa es sumamente difícil, por lo tanto una estimación alternativa es efectuada en términos de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), considerando que CPUE es un índice relativo de la abundancia de la biomasa de la población en el tiempo. Esta propuesta metodológica permite tener un acercamiento al punto de referencia para determinar la sustentabilidad de la pesquería del camarón y a una estrategia de manejo pesquero de la población de *L. vannamei* del sistema lagunar-estuarino Carretas Pereyra.

Objetivos

La tesis está organizada en cinco capítulos, el primero consiste en una descripción general de la importancia de los camarones peneidos, de la especie estudiada y del estado del conocimiento del sistema lagunar-estuarino en México, de los pescadores y de los problemas asociados con la explotación del recurso. El segundo capítulo se enfoca en la biología y ecología de *L. vannamei* en su fase lagunar-estuarina. Los objetivos propuestos en este capítulo fueron: (1) evaluar la influencia de los factores ambientales sobre la población de *L. vannamei* que habita en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, (2) describir la variación del patrón espacio-temporal de la distribución y abundancia, y la conducta migratoria de los estadios juveniles, (3) evaluar las tasas de crecimiento y mortalidad dentro de los ambientes de lagunas y estuarios, y (4) presentar el uso del estimador de densidad por Kernel (EDK), como una herramienta moderna para analizar la distribución de frecuencias de talla de *L. vannamei* en su etapa lagunar-estuarina. En el tercer capítulo se propusieron dos objetivos, (1) analiza la tendencia de la captura total y revisa el desarrollo de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) con base en la información oficial disponible y la generada en esta tesis. (2) Obtener un estimado actualizado de las capturas totales recomendables. En el cuarto capítulo se hace una

evaluación de la sustentabilidad de la pesquería del camarón del sistema Carretas-Pereyra, con base al análisis de la información biológica, estadístico-pesquera (1983-2006), tecnológica y socioeconómica de los grupos de pescadores del sistema lagunar-estuarino. También se hace un análisis del proceso de ordenación del recurso y se proporciona una visión integral de cómo la información de la población y de las pesquerías es utilizada para evaluar el uso sustentable del recurso y como puede ser aplicada en el ordenamiento del sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra. El último capítulo, quinto, proporciona las conclusiones generales de la tesis.

Con la información contenida en el capítulo dos esta tesis, se escribió un artículo el cual fue publicado en la Revista de Biología Tropical en junio de este año. Una copia de el aparece como apéndice de la tesis. De manera similar con información de los capítulos 2 y 3 se han preparado dos manuscritos mas para someterlos a evaluación en revistas especializadas.

Capítulo 2

CAPITULO 2

Crecimiento, mortalidad y patrón de migración de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra del sur de México

Introducción

Las lagunas costeras y estuarios proporcionan hábitats de crianza para diversas especies marinas, incluyendo peces e invertebrados tradicionalmente explotados. Este importante hábitat proporciona protección y provee alimento a las especies que dependen del estuario, regulan su crecimiento y sobrevivencia (Pérez-Castañeda y Defeo, 2001) y contribuyen a incrementar el rendimiento potencial de las pesquerías artesanales desarrolladas generalmente en estos sistemas (García y le Reste, 1987). En hábitats tropicales y subtropicales, los camarones peneideos destacan por su importancia en la economía de las comunidades locales debido a las ganancias que su comercialización genera (Pérez-Castañeda y Defeo, 2001).

En México, el recurso camarón ocupa el primer lugar entre los recursos pesqueros con alto valor económico, y manifiesta una enorme relevancia desde el punto de vista social ya que la flota camaronera nacional genera más de 60000 empleos directos (Sierra *et al.*, 2001; García-Borbón *et al.*, 2004). Del total del camarón desembarcado en México durante 2001 (*ca.* 95000t), el litoral del Pacífico contribuyó con 75000t o 79% de la producción nacional (Sierra *et al.*, 2001). En contraste, el volumen de camarón de estero representó el 6% de la producción. En el Golfo de Tehuantepec, donde se localiza el sistema Carretas-Pereyra, se realiza la captura del 8.5% de la total del litoral del Pacífico. A lo largo de las costas del Pacífico de México, ocho especies son aprovechadas, pero cuatro de ellas (*Farfantepenaeus californiensis* Holmes 1990, *F. brevis* Kingsley 1878, *Litopenaeus stylirostris* Stimpson 1871 y *L. vannamei* Boone 1931) constituyen más del 90% de la captura total (Sierra *et al.*, 2001). En el Golfo de Tehuantepec, *L. vannamei* representa el

40% de la captura industrial y es la especie más abundante en los sistemas estuarinos (Medina-Reyna, 2001). En estos últimos representa el 97% de las capturas (Ramos-Cruz, 2000).

La pesquería que sostiene a las comunidades ribereñas en el Golfo de Tehuantepec se basa casi exclusivamente (95% según Ramos-Cruz, 2000) en la captura de camarón en sus estadios juveniles (INE, 1999; Ramos-Cruz, 2000). Esta explotación se ha realizado en forma organizada desde los años 1920 (IDESMAC, 1998), y a pesar de su importancia social y económica para la región, el sistema se han mantenido casi inexplorado. La necesidad de aumentar el conocimiento de esta región de México adquirió mayor relevancia en virtud de que en las décadas recientes la producción ha declinado significativamente (SEMARNAP, 2000).

El conocimiento acerca de la variación del patrón de la distribución espacio-temporal, la abundancia, la tasa de crecimiento y la estructura de edades de *L. vannamei* dentro de ambientes de lagunas y estuarios sólo está documentado por Ramos Cruz (2000) y Medina-Reyna (2001) en la laguna Mar Muerto Oaxaca-Chiapas.

El crecimiento, mortalidad y patrón de migración son parámetros esenciales en estudios de dinámica de poblaciones (Guerra y Sánchez, 1998). La información generada es primordial para diseñar estrategias de manejo que mantengan en el área de estudio una explotación pesquera sostenible. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de los factores ambientales sobre la población de *L. vannamei* que habita en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas. Además de su distribución anual, patrón de abundancia y las tasas de crecimiento y de mortalidad, así mismo se determinó la conducta migratoria de los estadios juveniles dentro del sistema.

Área de estudio

Las lagunas costeras son ambientes acuáticos poco profundos que se extienden detrás de barras costeras de origen marino, en tanto que los estuarios son vertientes de ríos inundadas formando canales relativamente profundos y con comunicación al mar (Shepard, 1973). De acuerdo a esta definición, se reconoce la existencia de ambas características fisiográficas en el área de estudio. El sistema Carretas-Pereyra está localizado en la costa del Golfo de Tehuantepec entre los 15° 24' 45" y 15° 32' 24" N y los 93° 06' 10" y 93° 14' 44" W (INE,

1999). Está conformado por lagunas costeras someras de diferentes tamaños, interconectadas por dos canales sinuosos que confluyen en la boca Pijijiapan, por esta mantienen permanente comunicación al mar. Las lagunas más importantes por su tamaño son la laguna Carretas situada al norte del sistema (5.6km²), hacia el oeste se ubica Pereyra (3.3km²) y hacia el sureste la laguna Buena Vista (0.8km²) (de la Lanza, 1992; Contreras, 1993; INE, 1999).

La temperatura media anual de la región es de 28°C y la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es menor a 5°C. En la región son muy marcadas las épocas de estío y precipitación: la primera abarca de noviembre a abril y la segunda de mayo a octubre. El mes de máxima precipitación (540,8mm) es septiembre y el mes menos lluvioso es enero (4mm; INE, 1999). El régimen de salinidad en las lagunas esta influenciado por el flujo de marea (100 a 160cm de amplitud), la tasa de evaporación y las corrientes superficiales (de la Lanza, 1992). El área está cubierta por manglar (*Rhizophora mangle* L. (1753), *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn, *Avicennia germinans* (L.) L., y vegetación sumergida básicamente compuesta de *Typha dominguensis* Pers. El sedimento es arcilloso y/o lodoso-turboso formando depósitos arcillo-arenosos de grano fino y de estratificación irregular, presenta abundante materia orgánica en diferentes grados de descomposición (INE, 1999).

Materiales y métodos

De acuerdo a diferencias ambientales se reconocieron cuatro zonas hidrológicas: centro y margen de las lagunas, canales de interconexión y estuarios. Los datos fueron obtenidos de 22 sitios de muestreo (Figura 1.1), la posición de cada sitio fue registrada con un GPS portátil. Las muestras fueron recolectadas en intervalos mensuales entre marzo del 2004 y agosto del 2005, principalmente en condiciones de luz de día y abarcando las épocas de estío y precipitación. Se empleó una atarraya (esparavel) de nylon con malla de 10 mm y diámetro de 4m. En cada estación se realizaron diez lanzamientos aleatorios alrededor del punto de muestreo previamente seleccionado. Se registró la temperatura en °C y la salinidad en ppm. El tipo de sustrato fue caracterizado en febrero del 2005. Los camarones capturados se identificaron con base a la clave taxonómica de Hendrickx (1995), después

fueron contados, sexados, pesados y medidos (longitud del cefalotórax LC y longitud total LT en mm, Figura 2.1) y posteriormente conservados en alcohol etílico al 70 %. Para el análisis de la frecuencia de tallas, se agruparon por categorías de tamaño de acuerdo a las propuestas por Pérez-Farfante (1970 *vide in* Pérez-Castañeda y Defeo, 2001): reclutas como postlarvas epibentónicas (<8 mm LC), juveniles (8-15 mm LC) y sub-adultos (>15 mm LC).

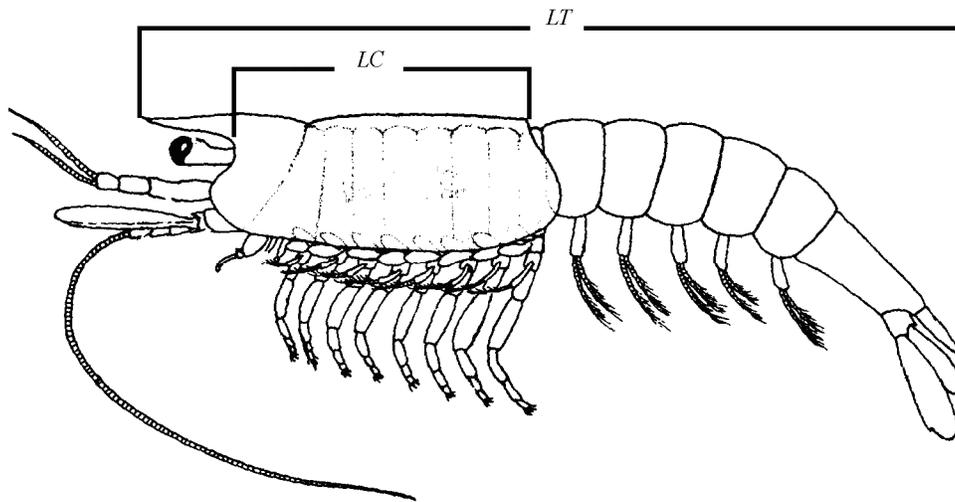


Figura 2.1. Longitud del cefalotórax LC y longitud total LT de *Litopenaeus vannamei*.

La distribución de frecuencias de tallas de las muestras fueron analizadas utilizando estimadores de densidad por Kernel (EDK), método estadístico propuesto inicialmente por Rosenblatt (1956) y definido como:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

donde,

$\hat{f}(x)$ = estimación de la densidad de la variable x

n = número de observaciones

h = amplitud de banda

X_i = longitud del iesimo espécimen

K = función Kernel

x = LC de camarones

se empleó la función Kernel Gausiana:

$$K_{(z)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)$$

donde,

$$z = \frac{(x - X_i)}{h}$$

La amplitud de banda óptima h fue seleccionado con base en la regla de Silverman (1986):

$$h = \frac{0.9 A}{n^{1/5}}$$

donde,

$$A = \min \left[\left(\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n-1} \right)^{1/2}, \left(\frac{Hdispersion}{1.349} \right) \right]$$

en la cual

\bar{x} = media aritmética de x

1.349= constante función normal estándar

Los valores de la distribución de densidades de *L. vannamei* fueron organizados en una escala de frecuencia y descompuestos en sus componentes Gausianos con una versión computarizada del método propuesto por Bhattacharya (1967), incluido en el paquete

estadístico Stata 8.0 (Salgado-Ugarte *et al.*, 1997; Stata Corporation, 2003). El crecimiento promedio de los camarones se estimó por análisis de progresión modal.

La curva que describe el crecimiento de la longitud de *L. vannamei* se construyó considerando \bar{L}_∞ , como el promedio de las L_∞ estimadas para las generaciones identificadas e integrándola a la siguiente ecuación:

$$LC_t = \bar{L}_\infty * [1 - e^{-k(t-t_o)}]$$

donde,

LC_t = Longitud del cefalotórax al tiempo t

\bar{L}_∞ = promedio de longitud asintótica.

k = "parámetro de curvatura", que determina la rapidez con que el camarón alcanza L_∞

t_o = parámetro de condición inicial

Con base en el método gráfico de Gulland y Holt (Gómez-Márquez, 1994; Sparre y Venema, 1997; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) se calcularon los parámetros de crecimiento de las generaciones identificadas. El intercepto a y la pendiente b proporcionan los valores de k y L_∞ , respectivamente, a través de las relaciones:

$$k = -b$$

y

$$L_\infty = \frac{a}{k}$$

El método gráfico de Gulland y Holt, permite una estimación preliminar de k incluso cuando únicamente se dispone de un solo par de valores de x y de y . Sin embargo, no resulta eficaz a efecto de la estimación de t_o . De acuerdo al enfoque de García y le Reste (1987) y Gulland y Rosenberg (1992), t_o se consideró como la edad de ingreso al sistema lagunar-estuarino. Hendrickx (1995) sugirió que *L. vannamei* tarda aproximadamente 3 semanas (21 días), después de la eclosión, en llegar a los sistemas lagunares (con LT 6-12mm, 2-3mm LC).

En este estudio se empleó *LC* por ser una medida anatómica constante de *L. vannamei*. Sin embargo, con propósitos comparativos con otros estudios los cuales emplearon *LT*, la *LC* fue transformada en *LT* mediante la regresión lineal entre las *LC* y las *LT* de los camarones capturados para este estudio (2623 organismos), a través del método de mínimos cuadrados. La recta de regresión tiene la ecuación:

$$LT = 4.967265 * LC + (-2.941976) \quad r^2 = 0.9587$$

$$F(1, 2621) = 93163.29$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

lt	Coefficiente	Error estándar	t	P > t	Intervalo de confianza del 95%	
lc	4.967265	0.0163358	305.23	0.000	4.954078	5.018143
cons	-2.941976	0.2234658	-13.97	0.000	-3.560081	-2.683707

Los coeficientes de mortalidad total (*Z*) se estimaron con base en el cálculo del número de camarones por cohorte (Captura por Unidad de Esfuerzo, CPUE) en dos momentos consecutivos, t_1 y t_2 , y usando la ecuación de Baranov (1918 *vide in* Sparre y Venema, 1997):

$$Z = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \left(\ln \frac{N(t_1)}{N(t_2)} \right)$$

Para estimar *Z* con esta ecuación, no es necesario conocer los valores absolutos de $N(t_1)$ y $N(t_2)$, únicamente su proporción. El número de camarones capturado por lance (CPUE), es la cantidad que se supuso proporcional a la abundancia de camarones en el sistema, *N* (Sparre y Venema, 1997).

Resultados

Factores ambientales

La temperatura promedio mensual del agua en el sistema lagunar-estuarino estudiado presentó un estrecho intervalo de oscilación (26.87 °C a 33.34°C). La diferencia entre el mayor y el menor promedio mensual de temperaturas del agua fue de 6.5°C. No obstante, la diferencia entre los promedios mensuales de temperatura fue estadísticamente significativa ($F=27.22$, $p<0.0001$). La temperatura mínima se registró en febrero 2005 (22.9°C) y el promedio más bajo se presentó en enero 2005 (26.87°C). La temperatura máxima se registró en agosto 2004 (36.8°C) y el promedio mayor en éste mismo mes (33.34°C). La temperatura promedio entre sitios no mostró diferencias significativas ($F=0.80$, $p=0.72$). La salinidad del agua varió ampliamente de 0‰ en octubre a 32.8‰ en abril, el promedio menor fue registrado en octubre (0.39‰) y el mayor en abril (29.27‰). La variación de los promedios mensuales de la salinidad fue significativa ($H=202.5$, $p<0.0001$), pero entre sitios no hubo diferencia ($H=31.23$, $p=0.696$). Por épocas el promedio de la salinidad también presentó diferencias significativas ($H=57.84$, $p<0.0001$), siendo mayor la concentración de sal en la época de estío (15.74‰, $dst10.1$) que en la época de precipitación (6.35‰, $dst9.3$). Considerando el promedio mensual de salinidad por época del año, el sistema se dividió en cuatro categorías de acuerdo al sistema de clasificación de Venecia (Reid y Wood 1961): I limnetico (<0.5‰) en octubre del 2004, II oligohalino [0.5 – 5.0 ‰) en julio, agosto, septiembre y noviembre del 2004; III mesohalino [5.0 – 18.0‰) en junio y diciembre del 2004, y enero a febrero del 2005, IV polihalino [18.0 – 30.0‰) en mayo del 2004 y marzo a abril del 2005. El promedio de salinidad de la mayoría de los sitios muestreados cayó dentro de la categoría mesohalino, excepto el sitio 15 (Boca Pijijiapan). El porcentaje de materia orgánica (*MO*) contenida en el sedimento de las lagunas varió de 0.26 a 28.52%, aunque la mayor parte de los sitios tuvo un alto contenido de *MO* (3.9 a 28.2). Los sitios pobres en *MO* se localizaron en canales interlagunares, en la Boca Pijijiapan y en la Laguna Pereyra (sitios 8, 12, 15 y 21), los sitios más ricos en *MO* corresponden uno a la Laguna Carretas (sitio 4) y otro a la interconexión del estero rancho novillero con el cordón estuarino Carretas-El Zapotal (sitio 7). Los substratos arenosos se localizan principalmente antes de la Boca Pijijiapan y antes de la intersección de canales.

La fracción limo-arcilla varió de 4.79 a 58.60%, y los mayores contenidos de limo-arcilla se presentaron en las lagunas Carretas y Buena Vista.

Distribución y abundancia

En total se capturaron 2669 camarones provenientes de los 22 sitios de muestreo. La densidad fluctuó entre 0.001 y 0.302 ind/m². La mayor abundancia de camarones (82%) se registró en enero del 2005. Otros porcentajes elevados (59 %) se registraron en junio de 2004 y febrero de 2005. Los valores máximos de densidad se presentaron en mayo del 2004 y en enero y abril 2005 (Figura 2.2). La densidad mostró diferencias significativas entre los meses ($H=29.6$, $p<0.0002$), particularmente en enero. Entre épocas también existe diferencia significativa ($H=5.57$, $p<0.009$) la mayor densidad correspondió a la época de precipitación.

La distribución espacial de la densidad se concentró en la laguna de Buena Vista (sitios 10, 11), en el canal interlagunar La Paluda (sitio 9), en el canal estuarino (sitios 12 y 13), y en la laguna Carretas (sitios 1, 2, 3 y 4) (Figura 2.2). Sin embargo, únicamente los sitios 9, 10, 11 y 12 presentaron diferencia significativa en densidad ($H=66.48$, $p<0.0001$) con respecto a los otros sitios.

Las localidades correspondientes al sector sureste del sistema (sitios 9, 10 y 11) presentaron los valores más altos de densidad de camarón de mayo a agosto y en abril. En contraste con el sector norte (sitios 1, 2, 3 y 4), donde la mayor densidad se registró en mayo-junio y enero, mientras que en el canal esturino en la parte central del sistema (sitios 12 y 13) la mayor densidad se registró en enero. En el sector noroeste (sitios 17, 18, 19 y 20), las máximas densidades fueron registradas entre noviembre y enero. La densidad de los sectores La Paluda-Buena Vista y Carretas tuvieron diferencia significativa ($H=39.55$, $p<0.0001$) con respecto a otras localidades del sistema.

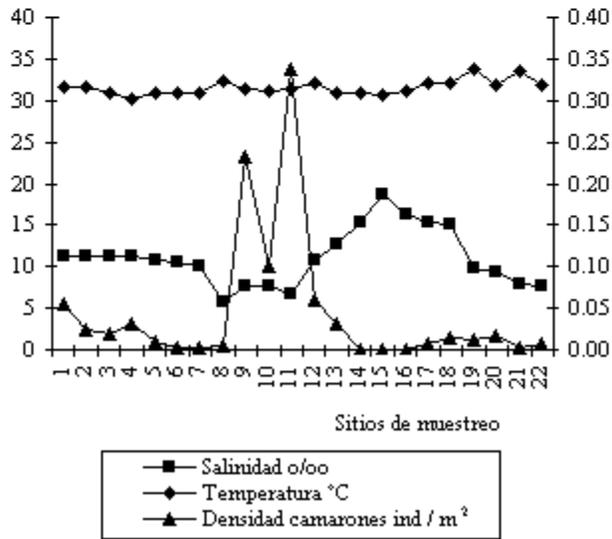
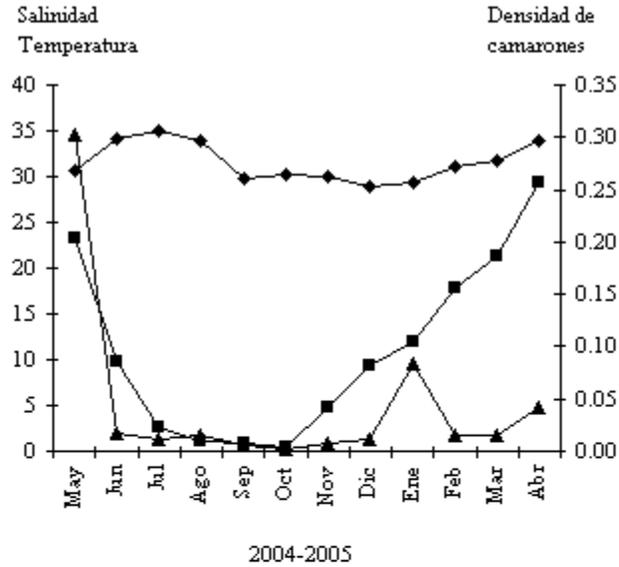


Figura 2.2. Variación de la abundancia del camarón (*Litopenaeus vannamei*) con relación a la distribución espacial y temporal de la temperatura y salinidad en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra.

En las lagunas Carretas (sitios 1, 4) y Buena Vista (sitio 10) se obtuvieron las mayores frecuencias de captura a través de 10 de los 12 muestreos. Otros sitios con frecuencias significativas de captura correspondieron a la parte norte de Buena Vista (sitio 11) con 9 muestras, el área central de Carretas (sitio 2), el canal interlagunar La Paluda (sitio 9) y la parte este de la laguna Pereyra (sitio 18) con 8 muestras. Por otro lado, las localidades con menor índice de frecuencia de captura fueron los sitios 14, 15 y 16 (La Boquita, Boca Pijijiapan y Pereyra-Coyoleño). Los sitios con los mayores valores de abundancia y frecuencia, en orden decreciente, fueron 11, 9, 10, 1, 12 y 4. La abundancia de camarón presentó correlación significativa inversa con el promedio mensual de la salinidad en el sistema ($r=-0.42$, $p<0.05$). El contenido de *MO* no manifestó correlación ($r=-0.03$, $p>0.05$) pero el contenido de limo si fue significativo ($r=0.44$, $p=0.05$).

Composición de tallas y edad de migración

Los estadios de camarón en las fases de reclutas al sistema fueron más abundantes en enero y mayo. Por el contrario, no se detectaron en agosto de los dos años consecutivos estudiados. En general las postlarvas epibentónicas fueron más abundantes de noviembre a mayo y su presencia declinó de junio a octubre. Tanto camarones juveniles como subadultos se capturaron durante todo el periodo de muestreo, alcanzaron el mayor pico de abundancia en enero, después su abundancia declinó de febrero a marzo y se registró otro pico superior de abundancia de abril a junio, declinando nuevamente de julio a diciembre (Figura 2.3). Aunque los camarones están presentes todo el año en el sistema, el patrón de abundancia de los tres estadios de desarrollo (reclutas, juveniles y subadultos) es bimodal. El número de modas detectado por muestreo mensual varió entre dos y tres, y se identificaron 18 generaciones durante los 18 meses muestreados (Tabla 2.1). La talla modal mínima de estos grupos fue de 2.84mm y la máxima de 26.86mm, *LC* que corresponde a 130.48mm de *LT*. Sin embargo, se observó que *L. vannamei* puede alcanzar tallas hasta de 27.7mm *LC* (134.65mm *LT*). A una edad que no supera los cinco meses, *L. vannamei* emigra hacia el ambiente marino (Figura 2.4).

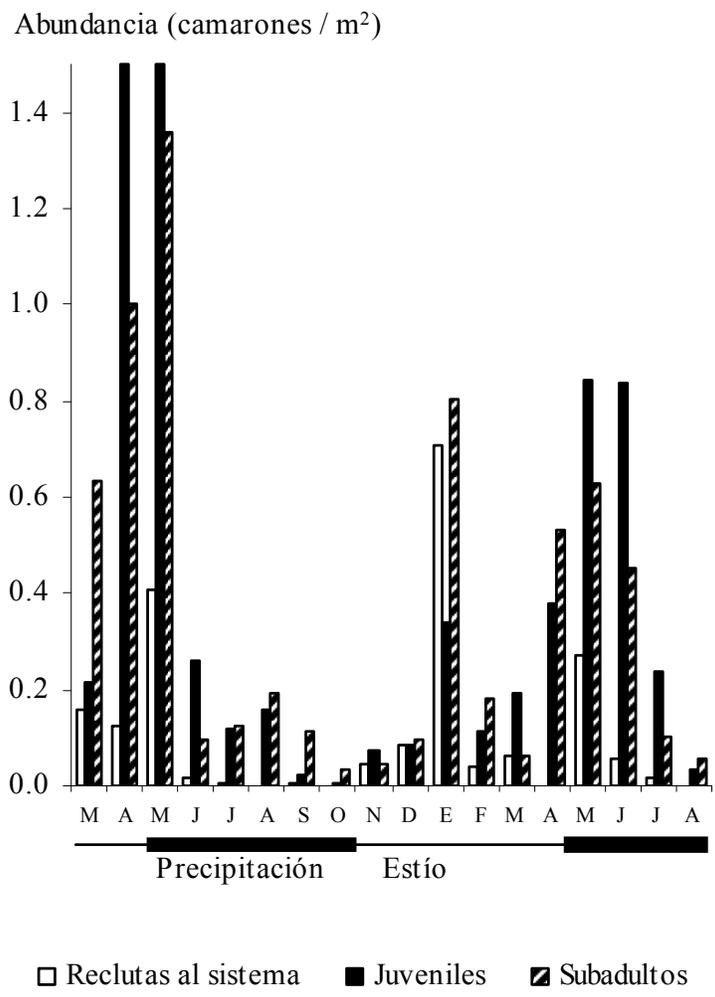


Figura 2.3. Patrón de abundancia de *Litopenaeus vannamei* en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, marzo 2004-agosto 2005. La abundancia de juveniles de abril y mayo del 2004 fue 3.8 y 4.9 camarones/m² respectivamente.

Crecimiento y Mortalidad

La secuencia mensual de la distribución de frecuencias de *LC* del camarón blanco se presenta en la Figura 2.5. La amplitud de banda óptima empleada para la construcción de los EDK varió de 0.66 a 3.09mm, de acuerdo a las reglas de Silverman (1986). En los histogramas suavizados (estimadores de densidad por Kernel) observamos dos y tres modas

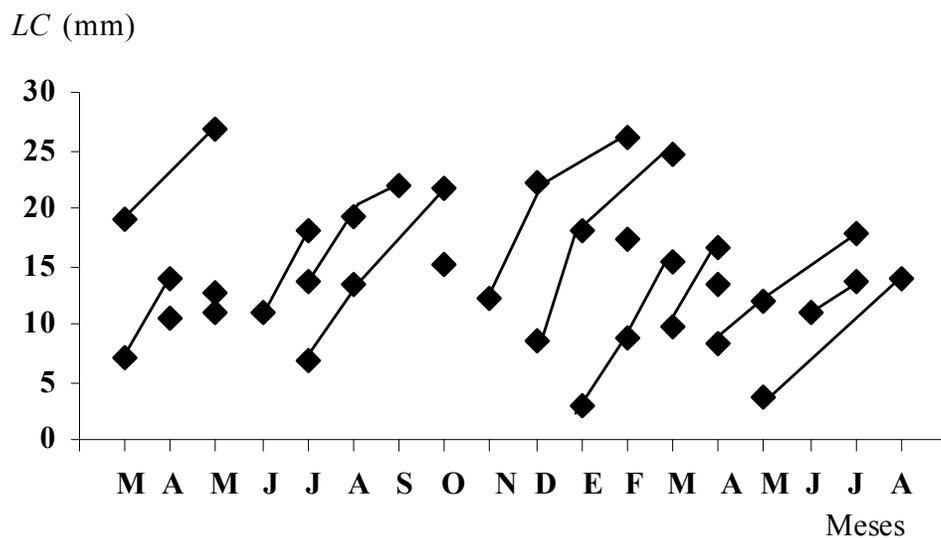


Figura 2.4 Distribución temporal de la longitud media del cefalotórax de *Litopenaeus vannamei* en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra (marzo 2004-agosto 2005).

dominantes las cuales se consideran como grupos de camarones con edad similar (cohortes). La tasa de crecimiento por generación de camarones se estimó dentro del intervalo de tallas 2.84-26.86mm *LC* (Tabla 2.1). Las cohortes fueron identificadas sucesivamente en todos los meses muestreados. La tasa de crecimiento estimada quedó dentro del intervalo de 0.06-0.27mm/día *LC* (0.29 a 1.34mm/día *LT*) y en una media de 0.16mm/día *LC*. La tasa media de crecimiento en *LC* fue similar para ambas épocas, estío y precipitación, 0.158 y 0.160mm/día respectivamente. Los valores de k , sobre una base diaria, variaron entre 0.002 y 0.03 con un valor medio de 0.02. Sin embargo, no mostraron una tendencia particular entre estaciones del año. Los valores de L_{∞} variaron entre 23.32 y 28.80mm *LC* (112.89 y 140.12mm *LT*) con una media de 26.99mm *LC* (131.14mm *LT*). Considerando estas estimaciones, la ecuación que describe el crecimiento promedio del camarón blanco en el sistema (Figura 2.6) es la siguiente:

$$L_{(t)} = L_{\infty} * (1 - \exp^{-k(t-t_0)}) = 26.99 * (1 - e^{-0.02*(t-21)})$$

Se obtuvieron nueve estimaciones individuales de mortalidad total (Z) en un intervalo entre 0.04 y 0.34 semanal. La Z general fue 0.25. Estos valores de mortalidad incluyen camarones en tallas que van de postlarvas epibenticas (reclutas al sistema) a subadultos, con tallas por debajo de la talla de primera captura para la pesca comercial. Por lo tanto, para este caso Z es igual a la mortalidad natural (M). Al convertir el valor de Z a porcentaje se obtuvo una tasa de mortalidad semanal entre 8.0 y 58.7% con una tasa de mortalidad general de 29.87%.

Tabla 2.1. Tasa de crecimiento de las cohortes de *Litopenaeus vannamei* estimada en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra.

Generación	LC ₁ mm	LC ₂ mm	Crecimiento mm/día	Días entre cohortes	Época del año
1	7.17	13.84	0.16	43	Estío
2	18.95	26.86	0.12	64	Estío
3	10.95	18.50	0.25	30	Precipitación
4	6.88	13.46	0.24	28	Precipitación
5	13.46	21.74	0.14	61	Precipitación
6	13.62	19.28	0.20	28	Precipitación
7	19.28	21.85	0.08	34	Precipitación
					Cambio de época
8	15.10	22.25	0.13	56	Precipitación-Estío
9	22.25	26.00	0.06	64	Estío
10	8.65	18.07	0.27	35	Estío
11	18.07	24.75	0.12	56	Estío
12	2.84	8.80	0.21	29	Estío
13	8.80	15.35	0.24	27	Estío
14	9.64	16.54	0.20	35	Estío
15	8.27	11.86	0.12	30	Estío
					Cambio de época
16	11.86	17.82	0.11	54	Estío-Precipitación
					Cambio de época
17	3.54	13.99	0.12	89	Estío-Precipitación
18	11.05	13.69	0.09	28	Precipitación

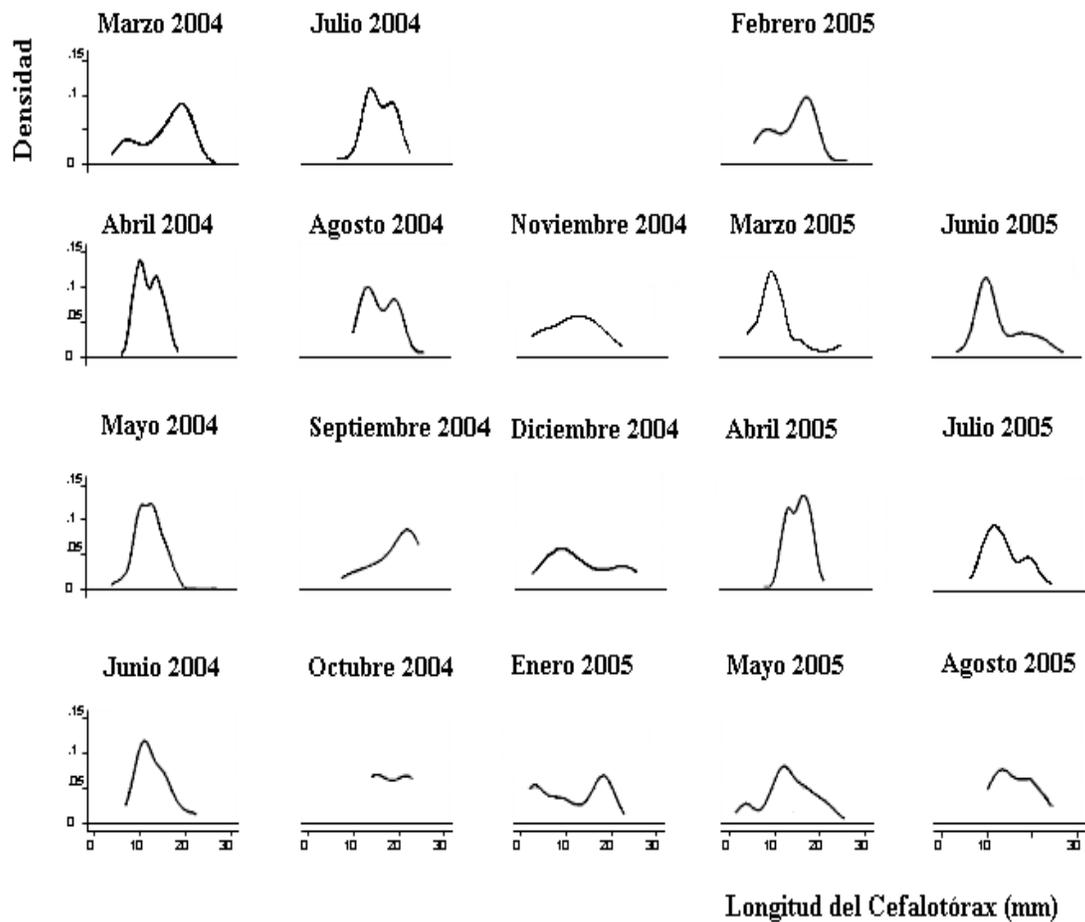


Figura 2.5. Secuencia de histogramas suavizados que refieren la longitud del cefalotórax (*LC*, en mm) de *Litopenaeus vannamei* del sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra.

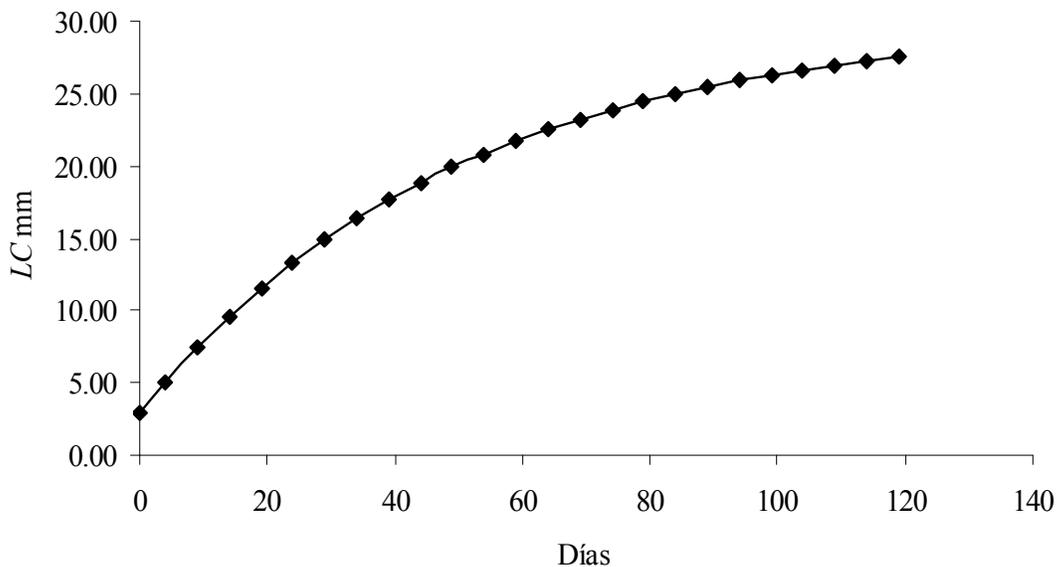


Figura 2.6. Representación del crecimiento de *Litopenaeus vannamei* descrito por la ecuación de von Bertalanffy en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra.

Discusión

Distribución y abundancia

La heterogeneidad espacial en la distribución y abundancia del camarón puede ser atribuida a diferentes factores. Por una parte *L. vannamei* presenta un ciclo de vida anfibiótico, el stock de adultos se reproduce en el mar y las postlarvas epibentónicas y subadultos utilizan los sistemas lagunares-estuarinos como áreas de crecimiento y protección. La fisiología del camarón se modifica a lo largo de este proceso, transformando en particular sus facultades de osmorregulación por lo que a lo largo de su desarrollo habitan diferentes sectores del medio estuarino. En este estudio, la salinidad del sistema presentó una correlación inversa significativa con la abundancia ($r = -0.42$, $p < 0.05$). Esto concuerda con lo señalado por

García y le Reste (1987) para otras especies de peneidos y por Medina-Reyna (2001) para *L. vannamei* de la Laguna Mar Muerto, próxima a la zona estudiada. El sistema presentó variaciones extremas en la salinidad (0.0–31.0‰) en sus diferentes sectores. La descarga normal de los ríos ayudan a mantener las condiciones mesohalinas. No obstante la época de precipitación ejerce influencia directa sobre el régimen de salinidad, creando al menos cuatro categorías de salinidad de las cuales mesohalina y polihalina coinciden con los meses de enero y abril-mayo, en los cuales se obtiene la mayor producción de juveniles en el sistema lagunar, es probable que las condiciones mesohalina y polihalina sean las que expliquen la correlación abundancia-salinidad. Estacionalmente la época de precipitación presentó mayor abundancia promedio, pero la frecuencia y la ocurrencia más altas se presentaron en la época de estío. Así mismo, la gran abundancia de camarón del mes de mayo, primer mes de la época de precipitación, determinó la superioridad del promedio de abundancia de esta época durante el estudio presentado.

Por lo tanto, la migración del camarón no solo es promovida por las fluctuaciones de salinidad. La selección por parte de las postlarvas de un hábitat adecuado, la riqueza trófica del medioambiente y la hidrología son factores adicionales en el patrón de migración de los camarones peneidos (García y le Reste, 1987). En el sistema Huizache-Caimanero, durante la etapa de crecimiento, Edwards (1977) observó una alta concentración de postlarvas epibéntonicas en los canales y áreas de manglar, lo cual atribuyó como una respuesta a la baja intensidad de luz. Este autor también registró altas concentraciones de juveniles en la periferia de las lagunas aparentemente asociadas al periodo de emigración.

La descarga de los ríos en los sistemas lagunares-estuarinos, tales como Carretas-Pereyra no sólo contribuyen a originar variación en la concentración de salinidad, también constituyen una importante fuente de nutrientes. Ambas condiciones promueven el establecimiento y crecimiento de los camarones (Yáñez-Arancibia, 1986; Ramos-Cruz, 2000; Medina-Reyna, 2001). El contenido de materia orgánica (*MO*) fue alto en la mayoría de los sitios (3.9-28.5%), pero no todos los sitios con registros altos de *MO* coinciden con los de mayor abundancia de camarón. Los sedimentos de tipo limoso y arcilloso, parecen favorecer la concentración de juveniles en el área de estudio. El sector oeste de las lagunas Carretas y Buena Vista incluyen los sitios con mayor contenido de limo y arcilla, y son los

sitios más productivos en los cuales el camarón se concentra en altas densidades. Las lagunas Carretas y Buena Vista junto con los canales que desfogan en la boca principal (Boca Pijijiapan), integran la principal ruta de migración del sistema. Un patrón similar de abundancia y distribución fue descrito por Medina-Reyna (2001) en la laguna Mar Muerto.

Composición por tallas y edad de migración

El análisis de la distribución de tallas reveló que el patrón de inmigración de postlarvas es consistente para los dos años consecutivos estudiados. Por lo tanto, los resultados indican que existe relación entre la inmigración de postlarvas y la época de estío, la menor precipitación y descarga de los ríos al sistema lagunar-estuarino aparentemente facilitan este proceso. Es sabido que la variación de la temperatura del agua en el mar puede activar el desove de los camarones peneidos (Lindner y Cook, 1970). Aunque a lo largo del estudio la temperatura no mostró fuertes oscilaciones, pudo ser un factor que influyó en la inmigración de camarones, para la región los cambios más notables en la temperatura se presentaron de diciembre a febrero, al inicio de la temporada de estío (Figura 2.3). Este patrón de inmigración guarda semejanza con el de los estudios realizados en el Golfo de Tehuantepec por Medina-Reyna *et al.* (1998) y Medina-Reyna (2001), y D' Croz *et al.* (1979) en las costas del Pacífico de Panamá. Edwards (1977), en lagunas costeras del noroeste de México, estableció una correlación entre la inmigración de postlarvas de camarón y los primeros meses de la época de precipitación entre junio y julio.

El patrón de abundancia bimodal anual de juveniles de camarón aparece sincronizado con la época de estío. Se presenta principalmente entre enero y julio, aunque su abundancia no es importante en los meses de febrero y marzo. Con base en conocimiento empírico sobre la temporada de inmigración de postlarvas y juveniles al sistema Carretas-Pereyra los pescadores locales han establecido los meses de febrero-abril y julio-agosto para aplicar el máximo esfuerzo de pesca, concordando con el patrón bimodal antes mencionado. En la costa frente al sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, el desove de camarón y la inmigración de las larvas planctónicas son procesos íntimamente relacionados, y presumiblemente ellos también exhiben un patrón bimodal anual similar al descrito para los estadios juveniles. El intervalo de tallas y la edad de emigración de

camarones juveniles son comparables a los reportados por Ramos-Cruz (2000) en la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas (145mm *LT*; 4.5 meses).

El proceso de emigración del camarón en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra es continuo y no se apreció relación entre la talla de emigración y la época del año. Las mejores capturas comerciales de camarón en el sistema lagunar-estuarino coinciden con las fases lunares: luna llena y luna nueva. Aparentemente la emigración del camarón de los ambientes lagunar-estuarinos es promovida por diversos factores los cuales interaccionan de manera diferente en cada ambiente (García y le Reste, 1987). No obstante la luna nueva y la luna llena son frecuentemente empleados para explicar la emigración del camarón (Beardsley, 1970 *vide in* García y le Reste, 1987; Edwards, 1977).

Crecimiento

Tradicionalmente los estudios de crecimiento en camarones se basan en el análisis de la distribución de frecuencias de tallas, esta última es comúnmente analizada por medio de histogramas y polígonos de frecuencia. Sin embargo, de acuerdo con Fox (1990 *vide in* Salgado-Ugarte *et al.*, 1994; 1997; 2005), en el uso de procedimientos gráficos para determinar el número de modas existen cuatro problemas: (1) Dependencia del origen del gráfico. Un cambio en el origen puede cambiar el número de modas en la estimación de la densidad (distribución). (2) Dependencia de la amplitud y número de intervalos. Usar pocos intervalos elimina detalles en la distribución mientras que con numerosas clases las estimaciones resultan ruidosas. (3) Discontinuidad. Es función de la localización arbitraria de los intervalos y de la discretización de los datos más que de la población muestreada. Se dibujan las barras suponiendo densidad constante en cada clase. (4) Amplitud fija de intervalo. Clases suficientemente angostas para capturar el detalle donde la densidad es alta, pueden resultar demasiado angostas para evitar ruido en densidades bajas.

En la práctica, a pesar de la importancia de la elección, tanto del origen como de la amplitud y número de intervalos, es frecuente que se determinen arbitrariamente. El estimador de densidad por Kernel (EDK) resuelve los inconvenientes del origen, discontinuidad y se pueden implementar estimadores con un ancho de intervalo ajustable al número de datos, además evita la subjetividad del análisis ya que funciona como una guía para desprender al investigador de una selección arbitraria del histograma o polígono de

frecuencia a utilizar (Salgado-Ugarte, 2002; Sanvicente-Añorve *et al.*, 2003). Un inconveniente de los EDKs es que requieren un gran número de cálculos para su estimación. Scott (1985 *vide in* Salgado-Ugarte *et al.*, 1997) sugirió una forma para superar este problema: el procedimiento llamado “Histograma Desplazado Promedio” (HDP). Posteriormente Härdle y Scott (1988 *vide in* Salgado-Ugarte *et al.*, 1997) desarrollaron la estructura más general denominada “Promedio Ponderado de Puntos Redondeados (PPPR). Este enfoque fue usado para calcular los EDKs en este trabajo empleando los programas presentados en Salgado-Ugarte *et al.* (1997; 2000; 2002). La amplitud de banda óptima de Silverman está diseñada para datos con distribución Gausiana (Silverman, 1986). Este valor es grande cuando se aplica a distribuciones sesgadas o multimodales. No obstante, en estos casos las amplitudes de banda óptima pueden servir como una referencia que permite recuperar las modas dominantes. Por supuesto, existe la posibilidad de analizar las distribuciones en mayor detalle.

El análisis de la distribución de frecuencia de tallas reveló únicamente la presencia de dos y tres modas, esto se debe a que la frecuencia con que se realizaron los muestreos fue muy amplia (mensual) en comparación al tiempo que *L. vannamei* permanece en el sistema Carretas-Pereyra (menos de cinco meses), además de que es una especie de ciclo de vida corto y crecimiento rápido. Otro factor que afecta la detección de modas de datos de tamaño se presenta porque el análisis de la frecuencia de longitud tiende a agrupar las clases finales de edad si sus medidas están muy cercanas o contienen porcentajes pequeños de organismos (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). En el caso de *L. vannamei* las etapas de su ciclo de vida que se desarrollan en el sistema Carretas-Pereyra, postlarva a preadulto, son fases de crecimiento exponencial, por lo que el problema del agrupamiento de modas por efecto de edad no se presenta.

Las tasas de crecimiento variaron ampliamente (0.13 a 1.27mm/día *LC*). Diversos autores reconocen que esta variación es influenciada por el tiempo de residencia del camarón en el sistema lagunar, la salinidad, la temperatura y la disponibilidad de alimento (Edwards, 1977; García y le Reste, 1987; Ramos-Cruz, 2000; Medina-Reyna, 2001). Sin embargo, los valores estimados en este estudio se encuentran entre los valores medios reportados en estudios previos para lagunas costeras en el litoral del Pacífico de México. Además, estas estimaciones están muy cercanas a los datos de crecimiento registrados por

Ramos-Cruz (2000) y Medina-Reyna (2001) para la misma especie en el sistema Mar Muerto del Golfo de Tehuantepec (Tabla 2.2). También es importante destacar que las cohortes no exhibieron diferencias significativas estacionales en su crecimiento.

Los valores de los parámetros de crecimiento, así como los que se observan en la curva que describe el crecimiento promedio del camarón blanco en el sistema, representan las dimensiones corporales hacia las que tiende *L. vannamei* hasta el momento de emigrar del sistema, y no el crecimiento asintótico de la especie. Los valores estimados para el ajuste de la función de crecimiento de *L. vannamei* en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, están dentro de los valores máximos observados. En este caso, los parámetros de crecimiento estimados (tasa media de crecimiento, L_{∞} y k) también son similares a los registrados por Ramos-Cruz (2000) en su estudio en el sistema Mar Muerto, Golfo de Tehuantepec (Tabla 2.3).

Mortalidad

Los valores de mortalidad (Z) calculados para *L. vannamei* en el sistema Carretas-Pereyra pueden parecer altos (Z total = 25% semanal). Sin embargo, la tasa de mortalidad en el sistema es ligeramente menor a la señalada por Edwards (1977) para juveniles de *L. vannamei* en el sistema lagunar Huizache-Caimanero ($Z = 44\%$ y mortalidad natural $M = 41\%$ semanales), aunque este autor atribuye la elevada tasa estimada en parte a la fuga de camarones de los encierros de experimentación. Comparado con el estudio realizado por Chávez (1979) del stock de camarones marinos en el Golfo de Tehuantepec, quien registró una Z semanal entre 0.05 y 0.22, los cuales se acercan a los valores de Z obtenidos en este estudio para los camarones juveniles. En otros estudios se ha calculado que la mortalidad total estimada con la diferencia entre las postlarvas que entran a la laguna y el total de la pesca comercial reportada puede alcanzar hasta el 90 % (Edwards 1977). La mortalidad en el área de estudiada puede variar en las diferentes partes del sistema lagunar, y quizás sea más elevada en las lagunas y canales donde se congrega el camarón. También puede variar de acuerdo al estado de desarrollo. El valor de mortalidad total estimado es bajo comparado con los estudios citados debido a que no se consideraron los estadios de postlarva en inmigración al sistema lagunar-estuarino que es la etapa de mayor mortalidad del camarón. Tampoco se incluyó la mortalidad por pesca (F) en la cual se asume que los pescadores

capturan prácticamente a todos los juveniles que están emigrando hacia el ambiente marino. Las investigaciones futuras deben tender a determinar estos parámetros para corroborar las estimaciones preliminares de mortalidad. Los valores de mortalidad estimados pertenecen a cohortes de diferentes grados de desarrollo.

En conclusión, este estudio confirma que el reclutamiento de postlarvas de camarón es continuo en el litoral del Pacífico sur de México. Sin embargo, aunque especímenes pequeños fueron observados durante todo el año, el análisis de la estructura de tallas en las dos temporadas de pesca muestra dos cohortes principales: una de ellas apareciendo antes de la temporada de pesca en el mes de enero, y la otra al final de la temporada en el mes de mayo. Por lo anterior, el estudio propone la existencia de un reclutamiento bimodal asociado a las condiciones prevalecientes en la época de estío. Además, las mayores densidades de camarones juveniles se presentan en condiciones mesohalinas y polihalinas, también asociadas a la época de estío. Tal patrón de reclutamiento, obtenido mediante el método de progresiones modales, se presenta de diciembre a enero y de marzo a mayo. La variación interanual de reproducción es similar al patrón de reclutamiento descrito para camarones juveniles. No es clara la correlación entre la talla de emigración y la época del año o la temperatura del agua. La tasa de crecimiento de los camarones juveniles es independiente de las épocas climáticas. Finalmente, los resultados obtenidos demuestran la confiabilidad de las estimaciones y son evidencia de las ventajas que puede representar el empleo del método de análisis de la distribución de frecuencia de tallas de *L. vannamei* por medio de los estimadores de densidad por Kernel, los cuales eliminan la subjetividad al seleccionar el origen y la amplitud de banda (intervalo) al construir los histogramas tradicionales, el resultado es continuo (suave), existe un respaldo estadístico objetivo para la amplitud de banda utilizada y facilitan la comparación de resultados con los obtenidos en otros estudios.

Tabla 2.2. Comparación de tasas de crecimiento medio LT (mm/día) de *Litopenaeus vannamei* del sistema Carretas-Pereyra con el de otras lagunas en el Pacífico de México.

Laguna	Alta	Baja
Huizache-Caimanero (1969) ¹	2.85	0.88
Huizache-Caimanero (1973) ¹	1.96	0.88
Huizache-Caimanero (1973-74) ¹	1.64	0.51
Huizache-Caimanero (1974) ¹	1.54	0.53
Huizache-Caimanero (1977) ²	2.00	0.01
Mar Muerto (2000) ³	1.27	0.13
Mar Muerto (2001) ⁴	1.21	0.20
Carretas-Pereyra (este estudio)	1.34	0.29

¹citados por Medina-Reyna (2001)

²Edwards (1977)

³Ramos-Cruz (2000)

⁴Medina-Reyna (2001).

Tabla 2.3. Comparación de los parámetros de crecimiento en función de la longitud total (LT) de *Litopenaeus vannamei* entre los sistemas Carretas-Pereyra y Mar Muerto ambos en el Golfo de Tehuantepec.

Sistema Lagunar	Tasa (mm/día) crecimiento	L_{∞} (mm)	k (día)	Migración Talla (mm)	Migración Edad (mes)
Mar Muerto*	0.13-1.27	105-159	0.001-0.04	83-120	1.5-4.5
Este estudio	0.29-1.34	121-149	0.002-0.03	105-131	2.0-5.0

*Tomado de Ramos-Cruz (2000)

Capítulo 3

CAPITULO 3

El concepto de Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) como base para la evaluación de una pesquería de camarón (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) en un sistema lagunar-estuarino

Introducción

Los camarones peneidos costeros se encuentran en zonas intertropicales y subtropicales. En muchas especies de camarones la existencia de un ciclo vital anfibiótico, que incluye una fase juvenil costera o estuarina, y una fase adulta de aguas neríticas, ha servido para que una misma población de camarones peneidos alimente diferentes pesquerías: (1) Artesanal, presente en numerosos países debido a que requiere de poca inversión y proporciona grandes beneficios socio-económicos (García y le Reste, 1987). En este caso, las capturas están generalmente compuestas por camarones en estadios juveniles de talla pequeña que aún no han completado su fase estuarina y por subadultos en emigración hacia el mar. (2) La pesquería industrial opera principalmente en el mar y desde mediados del siglo pasado ha tenido un enorme incremento en la producción debido al desarrollo de una pesca más y más eficiente y especializada (García y le Reste, 1987). Y (3) la explotación de postlarvas, que se ha acrecentado desde 1970 para satisfacer la demanda de granjas de camarón (Andrade, 1992; Parra, 1992; Cabrera-Jiménez y Soto en prensa).

En México durante 2003 la captura pesquera nacional fue de 109685 toneladas, de las cuales el 78.5 % se obtuvieron en el litoral del Pacífico (SAGARPA, 2006) generando más de 46000 mil empleos directos (INEGI, 2004). La producción nacional del camarón contribuye con el 8% de la captura pesquera total y es una actividad económica relevante que constituye una fuente abundante de empleos para un significativo número de personas habitantes de las costas que participan en la pesca del camarón tanto de sistemas lagunares-estuarinos como en el mar (SAGARPA, 2006). Aunque *Litopenaeus vannamei* Boone 1931 es la principal especie capturada en los sistemas lagunares costeros (95%), en las pesquerías costeras del Pacífico de México constituye el 40% del total de la captura en la cual

Farfantepenaeus californiensis Holmes 1990 es la especie dominante (SEMARNAP, 2000).

En el Golfo de Tehuantepec, la costa de Chiapas agrupa diez sistemas lagunares que cubren 76238 hectáreas. Las lagunas varían considerablemente en sus características fisiográficas tales como forma, tamaño, extensión de la superficie cubierta por manglares, profundidad y número de bocas conectadas con el mar. El flujo de agua de mar normalmente se realiza a través de bocas angostas efímeras y amplios canales de estuarios. Uno de estos sistemas se localiza dentro de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada (Figura 1.1). Es de suma importancia ecológica como área de protección y crecimiento para un gran número de especies marinas del Golfo de Tehuantepec. En el sistema Carretas-Pereyra, *L. vannamei* es la especie de mayor importancia socioeconómica por lo que su extracción se ha realizado en forma continua desde la década de los veinte (IDESMAC, 1998). El esfuerzo pesquero aumentó de forma constante hasta 1995 cuando el gobierno federal dió en concesión la pesquería a cinco sociedades cooperativas que en total reúnen 1086 socios y que hasta esa fecha habían operado de forma continua en el sistema. Entre 1983-2006 las capturas de camarón del sistema Carretas-Pereyra han presentado una pronunciada variación, la producción anual para el periodo osciló entre 50 y 806t/año.

En la elaboración de programas de manejo de pesquerías, la evaluación de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), es una herramienta analítica valiosa, particularmente cuando se están aplicando modelos de producción excedente (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001). El objetivo de los modelos de producción excedente es determinar el nivel óptimo de esfuerzo al cual se produce el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) sin afectar la productividad del stock a largo plazo (Sparre y Venema, 1997). El uso del modelo dinámico de biomasa en el manejo de recursos pesqueros se basa en que la Producción Excedente Máxima (PEM) se obtiene cuando la biomasa de la población se encuentra al 50% de su capacidad de carga natural (K), si éste nivel de biomasa se mantiene constante, entonces es posible obtener el RMS. Para mantener constante el RMS se requiere aplicar una mortalidad por pesca (F) que reduzca y mantenga a la población en ese tamaño. De la observación de diversas pesquerías se ha podido establecer empíricamente que la mortalidad por pesca necesaria para obtener éste RMS se logra cuando F es semejante a la

mortalidad natural (M), según lo cual el Rendimiento Máximo Potencial (RMP) al estado virgen es $0.5MK$ (Csirke, 1989).

Desafortunadamente el conocimiento de la pesquería de camarón del sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra es muy limitado, particularmente sobre la tendencia anual de la CPUE y de la eficiencia de las prácticas de manejo existentes: vedas en el mar, reducción de esfuerzo y regulación de artes de pesca. La falta de registros confiables del esfuerzo pesquero en el área de estudio ha provocado que los expertos consideren las tasas de aprovechamiento artesanal como un parámetro que permanece constante en la serie de datos utilizados para su evaluación (García-Borbón *et al.*, 2004). Esta área en particular sostiene una pesquería artesanal de camarón cuya apropiada explotación y manejo son necesarias urgentemente. Un paso en esta dirección ha sido el estudio sobre la dinámica poblacional del stock de camarón realizado recientemente por Rivera-Velázquez *et al.* (2008) y la valoración de las tendencias de CPUE en las últimas dos décadas y su RMS aquí presentado.

Materiales y métodos

Una base de datos relativa a la actividad de las cinco sociedades cooperativas de pescadores que operaron en forma regular en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra en el periodo 1983-2006 fue elaborada. La información estadística de la pesquería proviene de los registros oficiales y de los libros de actas de asamblea de los pescadores. Esta base de datos documenta la captura total (toneladas), el número de pescadores, embarcaciones y artes de captura empleadas. Para seleccionar la medida que mejor representa al esfuerzo se realizó un análisis descriptivo de las técnicas de captura en el sistema lagunar-estuarino. La atarraya (esparavel) y el encierro estacional representan los principales dispositivos utilizados para la captura artesanal de camarón. Puesto que los registros del número de pescadores, las artes y los equipos de captura son incompletos, el último dato oficial registrado se extrapola hacia los años anteriores. El esfuerzo de captura en el encierro estacional es constante, 10 personas (pescadores) por cada grupo de pescadores (50 en

total). Para estimar el número actual de embarcaciones, artes de captura y motores, se entrevistó al 30% del total de pescadores del sistema Carretas-Pereyra.

La CPUE fue calculada por división simple de los registros de capturas entre su correspondiente esfuerzo. Esta variable se analizó usando el modelo dinámico de biomasa de Hilborn y Walters (1992), el cual no supone condiciones de equilibrio. La expresión del modelo es:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t \left(1 - \frac{B_t}{B_0}\right) - C_t$$

donde,

t = tiempo (temporada de pesca)

B_t = biomasa de la población al tiempo t

r = tasa intrínseca de crecimiento poblacional

B_0 = tamaño de la biomasa virgen o capacidad de carga

C_t = captura al tiempo t de atarrayas o encierro estacional.

La Biomasa al estado virgen (B_0) fue estimada asumiendo que la tasa de captura es proporcional al tamaño del stock usando la relación (Hilborn y Walters, 1992):

$$B_1 = \frac{C_1}{(E_1 q)}$$

donde,

B_1 = biomasa de la población al tiempo 1

C_1 = captura en el tiempo 1

E_1 = esfuerzo al tiempo 1

q = coeficiente de capturabilidad

Dado que la C fue altamente variable durante los cinco primeros años, se calculó el promedio de este periodo. La tasa intrínseca de crecimiento natural (r) se estimó de acuerdo al modelo de Blueweiss *et al.* (1978 *vide in* Pauly, 1983):

$$r = 0.022W^{0.26}$$

donde,

W = peso

El coeficiente de capturabilidad (q) fue calculado usando el modelo de Leslie y Davis (1939 *vide in* Krebs, 1997):

$$q = \frac{-\sum_{i=1}^s Y(K_i - \bar{K})}{\sum_{i=1}^s (K_i - \bar{K})^2}$$

donde,

q = capturabilidad

Y = captura por unidad de esfuerzo

\bar{K} = media de la captura acumulada

s = número total de muestras.

El Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y el Esfuerzo al cual se alcanza el RMS (E_{RMS}) fueron estimados con el modelo dinámico de biomasa propuesto por Hilborn y Walters (1992). Se estimó también el Rendimiento Máximo Potencial (RMP) de acuerdo a la relación (Csirke, 1989):

$$RMP = 0.5 MB_0$$

donde,

M = mortalidad natural

B_0 = Biomasa al estado virgen

$M = 0.25$ fijado de acuerdo al estudio previo de Rivera-Velázquez *et al.* (2008).

Para las estimaciones del RMS y del E_{RMS} correspondientes a la captura con atarraya se utilizó información sobre rendimientos anuales correspondiente a un período prolongado que permitió un buen ajuste de los parámetros "a" y "b" utilizados (Ley de los Grandes Números *vide in* Grinstead y Snell, 1997). Estos datos también fueron útiles para minimizar el impacto de posibles cambios en el reclutamiento o de variaciones ambientales que afecten la abundancia o la distribución del recurso, eliminando con ello sesgos que atenten contra los supuestos básicos del modelo empleado. Para estimar el RMS y el E_{RMS} , correspondientes al encierro estacional, se empleó el promedio de la captura del periodo 2001-2006 (38%) como el representativo de la tendencia de la captura para el periodo de estudio completo (1983-2006).

El Esfuerzo pesquero al Rendimiento Máximo Económico (E_{RME}) se calculó mediante el modelo Bioeconómico de Gordon-Schaefer (Seijo *et al.*, 2005). El modelo establece que los Ingresos Netos (IN) derivados de la actividad pesquera están en función de los Ingresos Totales Sostenibles (ITS) y los Costos Totales (CT):

$$IN=ITS-CT$$

Para maximizar la renta económica que el recurso le podría generar a la sociedad, es necesario que la pesquería opere con un nivel de E_{RME} . Este criterio se obtuvo al maximizarse las diferencias entre los ITS y los CT del esfuerzo pesquero. Las relaciones utilizadas fueron:

$$ITS = prB\left(1 - \frac{B}{Bo}\right) \text{ y } CT = \left(\frac{cr(1 - (B/Bo))}{q}\right)$$

donde,

ITS = Ingresos Totales Sostenibles

p = precio

r = tasa intrínseca de crecimiento natural

B = biomasa

Bo = capacidad de carga

CT = Costos Totales

c = costo unitario

q = coeficiente de capturabilidad.

Resultados

Operación de la flota artesanal

En la flota pesquera de camarón del sistema Carretas-Pereyra participan 505 embarcaciones de fibra de vidrio de 6 a 8 metros de eslora. El principal arte de pesca es la atarraya camaronera de 6 a 7 m de longitud y luz de malla de 2.5 cm. La unidad de pesca básica en el sistema está compuesta por dos pescadores, una atarraya y una embarcación, en ocasiones equipada con un motor fuera de borda. Los registros oficiales de embarcaciones, artes de pesca y motores son incompletos para el área de estudio (Tabla 3.1). Los censos realizados indican que el 94% de los pescadores tienen atarraya, 83% tiene embarcación y solo el 13% motor fuera de borda.

En el sistema Carretas-Pereyra los encierros estacionales son de diferentes longitudes y luz de malla de 1.8 cm, normalmente contruidos de madera de mangle rojo (*Rhizophora mangle*). La construcción de los encierros estacionales de la laguna Carretas se realizó de octubre a noviembre y el del encierro La Paluda se construyó en junio. Los encierros son contruidos en las áreas más productivas del sistema lagunar-estuarino (Rivera-Velázquez *et al.*, 2008). Otro encierro, el cual incluyó trampas para la captura de camarón, se construyó en noviembre en el canal de migración que usan los camarones juveniles para salir del sistema durante los periodos de luna nueva y luna llena, este encierro es operado entre diciembre y mayo. En el resto del sistema el camarón es capturado con atarraya dentro del periodo diciembre-agosto, en la laguna Buena Vista la captura solo se realiza de julio a agosto.

Tendencia de la captura

La emigración masiva del camarón del sistema lagunar-estuarino está en sincronía con los periodos de luna llena y luna nueva desde finales de noviembre o principios de diciembre. El inicio de la captura se realiza cuando el camarón alcanzó la talla de 100mm *LT*, esta

regulación pesquera fue establecida tanto para el encierro estacional con trampas de captura como en la pesca con atarraya. La captura de camarón continúa y alcanza un máximo entre febrero y marzo, después declina paulatinamente hasta junio. La captura con atarraya de camarón juvenil se realiza durante todo el periodo (diciembre-agosto), mientras que para el encierro estacional el periodo es menor, diciembre a marzo.

Tabla 3.1. Esfuerzo de Pesca aplicado al stock de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas, México (1983-2006).

Año	Pescadores con registro	Embarcaciones	Atarraya	Motor fuera de borda
1983	609			
1984	610			
1985	658			
1986	692			
1987	688			
1988	741	341		
1989	903	376	914	21
1990	913			
1991	911			
1992	964	391	715	9
1993	1012			
1994	1146	429	1186	21
1995	1083	501	796	46
1996	1004	501	797	45
1997	982	501	797	45
1998	1086	501	797	45
1999	1086		1008	
2000	1086			
2001	1086			
2002	1086	501		
2003	1086	505	893	
2004	1086			
2005	1086			
2006	1086	505	797	

La captura en el periodo 1983-2006 tuvo fluctuaciones considerables, exhibiendo tres etapas aproximadamente de una década cada una de ellas (Tabla 3.2). En los ochenta, la variación de la captura total anual fue la más significativa de la historia (Figura 3.1). En 1987 la captura fue 596% más alta que la registrada en 1983. Sin embargo, a éste gran incremento le siguió el más notable decremento, las capturas se redujeron del 596% al 204% entre 1987 y 1990. En la década de los noventa, el promedio de las capturas fue de 357 toneladas o sea 208% de la máxima producción obtenida en 1983. En la década actual, la producción se encuentra claramente en decremento obteniendo en el 2006 una captura de solamente 50 toneladas, 43% de lo capturado en 1983.

Los registros oficiales de producción de camarón del sistema lagunar-estuarino incluyen en un solo dato la producción total de la captura con atarraya camaronera y del encierro estacional, por lo tanto la información de la producción del encierro no se encuentra disponible en los registros oficiales y en los libros de actas de asamblea de las organizaciones de pescadores aparece incompleta. No obstante para el periodo 2001-2006 se estimó que la producción del encierro contribuyó entre el 30 y el 40% de la producción total, además de que mostró tendencia negativa cayendo de 78 a 15 toneladas (75 a 13% de la captura total, Tabla 3.3).

Tendencia del esfuerzo

El número de embarcaciones en el sistema Carretas-Pereyra fue la variable aplicada en el análisis de la producción anual (Figura 3.2). Entre 1983 y 1985, el número de embarcaciones incrementó de 341 a 501 (>47%). Mas recientemente, del 2003 al 2006 los registros oficiales señalan un ligero incremento (505 embarcaciones). Los años de mayor incremento del esfuerzo respecto al inmediato anterior fueron 1989 (10% arriba del año antecesor), 1993 (10%) y 1995 (17%; Figura 3.2). En toda la serie histórica no se registraron decrementos del esfuerzo pesquero, y a partir de 1995 los registros oficiales muestran un esfuerzo constante. En este último período se acentúan los bajos rendimientos de la producción. El estudio de campo reveló que el comportamiento social de los pescadores es el de trabajadores migratorios los cuales temporalmente abandonan sus actividades tradicionales y salen en busca de mejores fuentes de ingresos. A pesar de este fenómeno local, no se denotan cambios en el esfuerzo de pesca.

Tabla 3.2. Datos de captura y esfuerzo para el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas, México (1983-2006).

Temporada de pesca	Captura total (kg)	Captura con atarraya	Captura del encierro estacional	Esfuerzo con atarraya-embarcación	Esfuerzo con encierro	CPUE con atarraya	CPUE con encierro
1983	115,769	71,777	43,992	341*	50	210	3147.1
1984	321,938	199,602	122,336	341*	50	585	2466.2
1985	495,154	306,995	188,159	341*	50	900	2524.0
1986	513,019	318,072	194,947	341*	50	933	2531.8
1987	806,081	499,770	306,311	341*	50	1,466	2532.6
1988	488,788	303,049	185,739	341	50	889	2532.7
1989	650,292	403,181	247,111	376	50	1,072	2792.7
1990	352,181	218,352	133,829	391*	50	558	2810.7
1991	294,332	182,486	111,846	391*	50	467	2762.1
1992	399,593	247,748	151,845	391	50	634	2755.6
1993	361,030	223,839	137,191	429*	50	522	3022.3
1994	277,187	171,856	105,331	429	50	401	2916.6
1995	273,455	169,542	103,913	501	50	338	3387.7
1996	367,192	227,659	139,533	501	50	454	3160.1
1997	492,932	305,618	187,314	501	50	610	3120.2
1998	124,665	77,292	47,373	501	50	154	3110.7
1999	622,092	385,697	236,395	501*	50	770	3108.3
2000	211,631	131,211	80,420	501*	50	262	3107.7
2001	195,738	121,358	74,380	501*	50	242	3107.5
2002	190,258	117,960	72,298	501*	50	235	3107.5
2003	151,452	93,900	57,552	505	50	186	3132.3
2004	103,000	63,860	39,140	505*	50	126	3120.7
2005	112,000	69,440	42,560	505*	50	138	3117.8
2006	50,000	31,000	19,000	505	50	61	3117.1

* valor estimado con base en el último registro disponible de las embarcaciones.

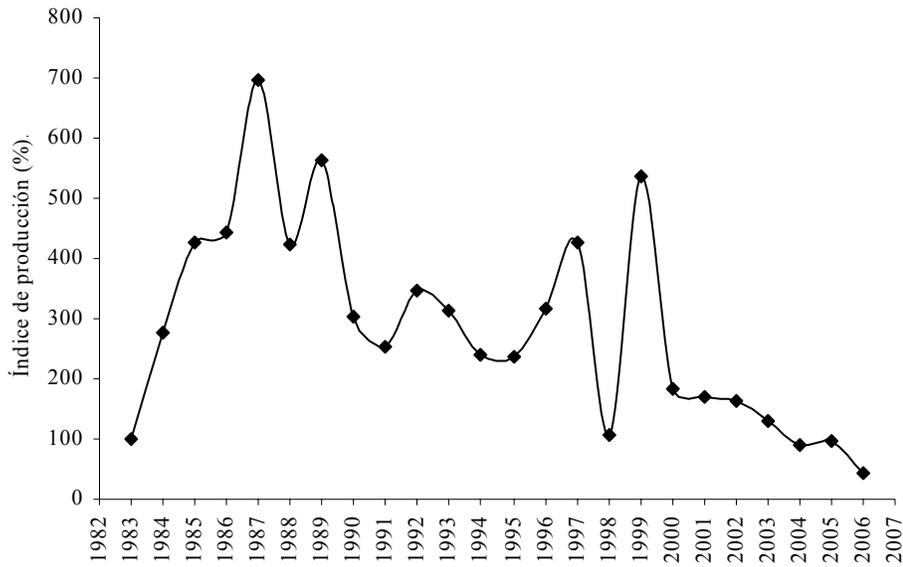


Figura 3.1. Índice de poder relativo de pesca, en base a la captura total anual de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). La producción de 1983 fue considerada como el 100%.

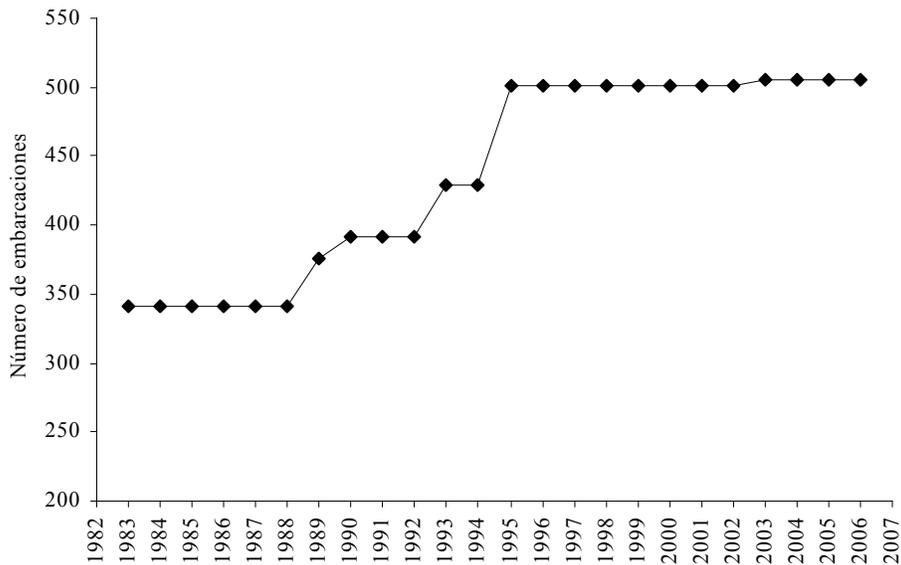


Figura 3.2. Número de embarcaciones utilizadas en la pesquería del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) del sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas, México (1983-2006)

Análisis de Captura vs Esfuerzo

La tendencia de la CPUE en el sistema Carretas-Pereyra para el periodo 1983-2006 se ilustra en la Figura 3.3. La máxima producción se registró en 1987, en el tiempo en que el esfuerzo se incrementaba constantemente (1983-1995). De 1987 a 2006 la CPUE descendió de 1466kg/embarcación a solamente 61kg/embarcación (Tabla 3.2). Este hecho es de gran interés, ya que después de 1987 la CPUE adquirió una tendencia negativa característica de una pesquería en la etapa posterior a un periodo de intensa explotación. En 1997 y 1999 la CPUE alcanzó valores elevados, no obstante después de esos años continuó la misma tendencia decreciente manifestada desde 1987 y hasta el 2006. En los años 1989, 1993 y 1995 se registraron los mayores aumentos de esfuerzo sin que le correspondieran aumentos en la CPUE ni en la producción. También resultan interesantes en el registro histórico de la CPUE, dos picos de abundancia que ocurrieron con 10 años de diferencia, 1987-1989 y 1997-1999 (Figura 3.3).

Tabla 3.3. Captura de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) del encierro estacional versus captura total en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas, México (temporadas 2001-2006).

Temporada (noviembre- julio)	Captura Total (tons métricas)	Captura en el encierro El Zapotal	Captura del encierro estacional, extrapolado a las cinco asociaciones pesqueras	% de la captura total
2000 – 2001	195.738	11.553*	57.765	30
2001 – 2002	190.258	11.000*	55.000	29
2002 – 2003	151.452	13.390*	66.950	44
2003 – 2004	103.000	15.374*	76.870	75
2004 – 2005	112.000	3.000**	15.000	13
2005 – 2006	50.000	4.016*	20.080	40

* Tomado del libro de asambleas de la sociedad cooperativa Obreros del Mar.

** Tomado de los registros oficiales de la sociedad cooperativa.

El efecto El Niño

El fenómeno El Niño se presentó en el área de estudio entre 1983 y 2006 de forma irregular, cada uno, dos, tres o cuatro años (Magaña *et al.*, 2006) y en el periodo 1991 a 1995 todos los años (Figura 3.4). En los años posteriores a la presencia del fenómeno, el índice de CPUE registró aumento respecto al año previo (*e.g.* 1984, 1989, 1996 y 1999). Las excepciones son 2004 y 2006, estos años están en la década en la que no hubo recuperaciones ni oscilaciones importantes, únicamente una clara tendencia decreciente de la producción.

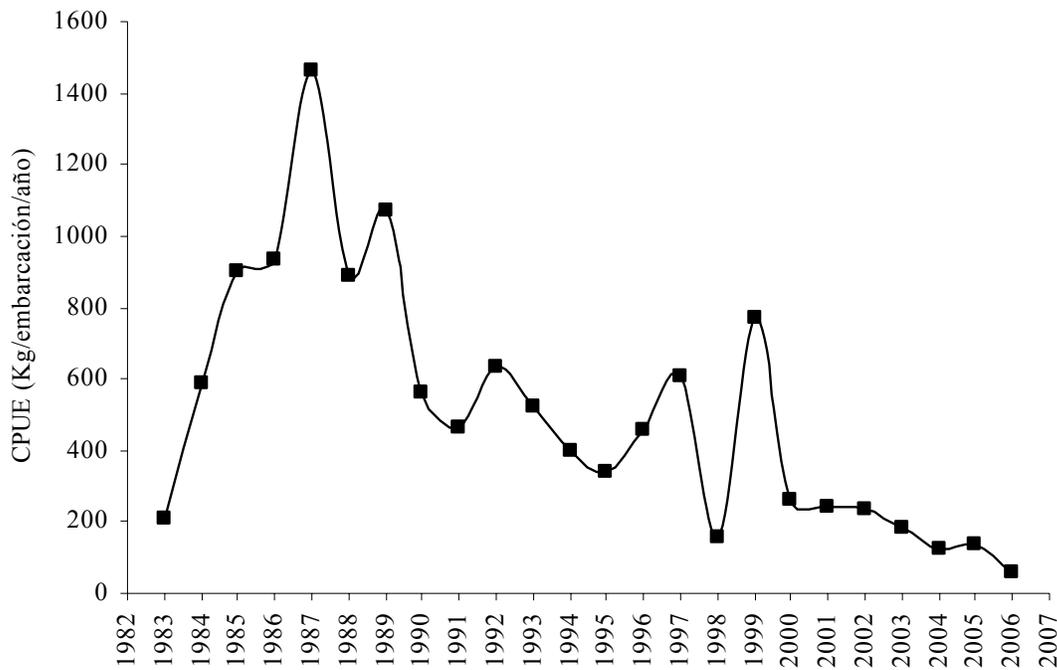


Figura 3.3. Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas, México (1983-2006).

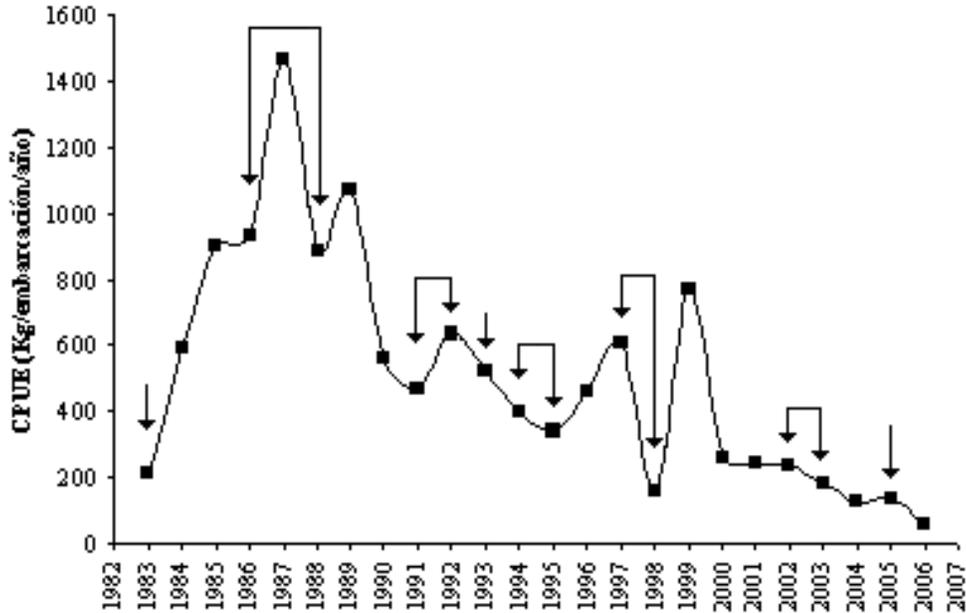


Figura 3.4. Tendencia de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) del camarón blanco y ocurrencia del fenómeno El Niño (representado por flechas; Werner, 2006) en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas, México (1983-2006)

RMS, E_{RMS} , RMP y E_{RME}

De acuerdo a la serie de datos de captura y esfuerzo de la pesca con atarraya del sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, se observó que en sus inicios al incrementarse el esfuerzo el rendimiento aumentó paulatinamente hasta alcanzar el máximo con 341 embarcaciones. Con esfuerzos inferiores o superiores a éste, el rendimiento siempre fue menor (Figura 3.5; Tabla 3.2). El estimador empleado sugiere que la biomasa fue originalmente grande (Figura 3.6) y conforme las capturas se incrementaron el stock declinó. Después las capturas se redujeron progresivamente pero el stock ya no se recuperó. El RMS calculado con el modelo de Schaefer (1954 *vide in* Sparre y Venema, 1997) fue de 290813kg/año y el E_{RMS} fue de 294 embarcaciones. El RMS calculado con el modelo de Hilborn y Walters (1992) fue de 248393kg/año y el E_{RMS} de 349 embarcaciones. El RMP se estimó en 179582kg de camarón total por temporada de pesca, y el E_{RME} en 225 embarcaciones por temporada. En total el costo anual por unidad de producción se valoró en MX\$ 15525 (US \$ 1420).

Discusión

Esfuerzo Pesquero

La selección de la medida que mejor representa la unidad de esfuerzo pesquero (número de pescadores, embarcaciones, viajes, tiempo dedicado) constituye un problema complejo por la variabilidad de la actividad (García y le Reste, 1987). La captura y la CPUE dependen de las características de la flota y del recurso, así como de las condiciones ambientales locales (González-Becerril *et al.*, 2000). Con la descripción de las técnicas de captura en la pesquería del sistema Carretas-Pereyra se identificaron dos grupos principales de artes de pesca con claras diferencias tanto operacionales como de rendimiento y selectividad de especies capturadas. En el primer grupo, la embarcación es la unidad de pesca básica del sistema incluye dos pescadores y una atarraya, todos los pescadores deben trabajar con este arte de captura. El segundo grupo, el encierro estacional, construido y operado por representantes de cada una de las asociaciones de pescadores, en total 50 pescadores.

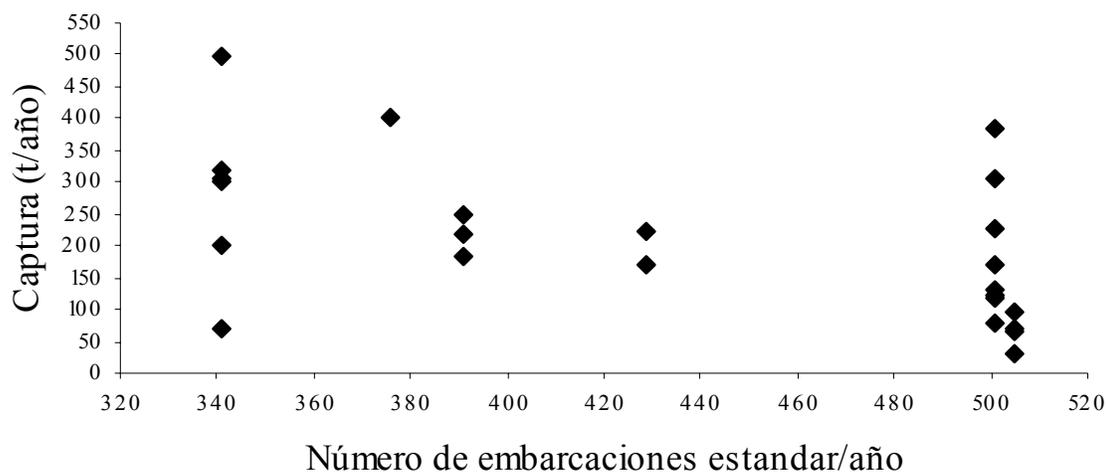


Figura 3.5. Tendencia de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas, México. Periodo 1983-2006.

La captura con atarraya implica un elevado esfuerzo y los rendimientos por unidad de pesca no son sustanciales. Sin embargo, proporciona la mayor fuente de empleo, genera la mayor producción del sistema (*ca.* 68%) e ingreso económico individual. El encierro tiene importantes ventajas: su operación no requiere un elevado esfuerzo, se obtienen altos rendimientos por unidad de pesca y mayor selectividad de la captura. Las principales desventajas son que emplea un número reducido de pescadores y los costos de construcción por temporada son elevados (*e.g.*, US \$ 57091 en la temporada 2006).

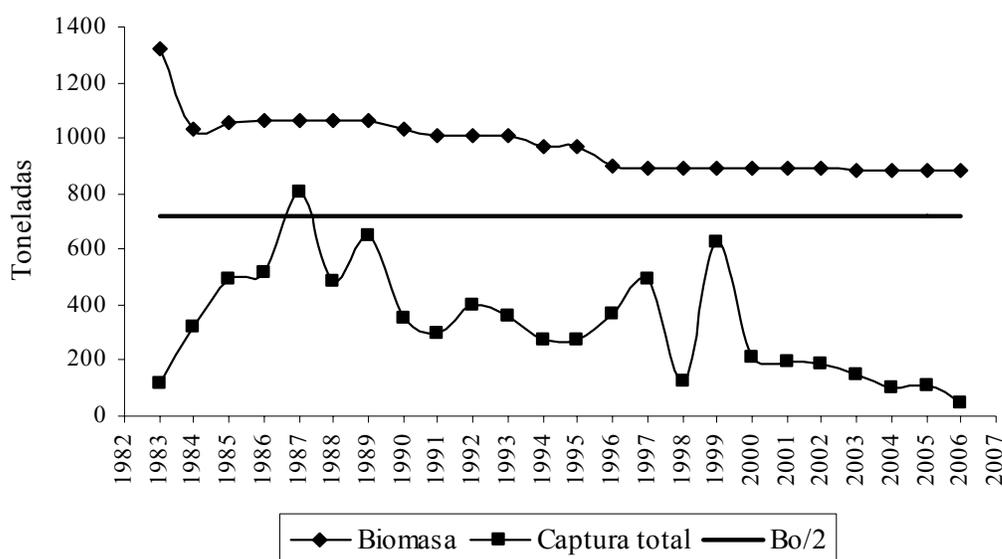


Figura 3.6. Captura total observada de camarón blanco, biomasa virgen a 0.5 ($Bo/2$) y biomasa calculada con el modelo dinámico de Schaefer (Hilborn y Walters, 1992). Sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, Chiapas, México (1983-2006).

Tendencia de la captura de camarón y del esfuerzo pesquero

De 1983 a 1987 la captura se incrementó notablemente debido al efecto combinado de diversos factores. Por un lado, el aumento continuo del número de pescadores, por el otro, las modernización de las embarcaciones y las artes de pesca (Toledo, 1994; IDESMAC, 1998). Guerra y Sánchez (1998) señalan que el esfuerzo pesquero no sólo aumenta con la presencia de nuevos barcos en la pesquería, permaneciendo los mismos o aún

disminuyendo y manteniéndose la misma unidad de tiempo, puede aumentar el poder de pesca de los barcos introduciendo mejoras tecnológicas tanto en los barcos como en las artes. El análisis de los registros pesqueros disponibles presenta diferencias entre los registros oficiales y el trabajo de campo. De acuerdo con la información oficial solo el 47% de la flota pesquera opera con embarcaciones y artes de captura modernas cuando en realidad cerca del 83% de la flota tiene embarcaciones de fibra de vidrio y emplea atarrayas de hilo nylon.

La deficiencia en el registro estadístico ha sido una problemática para el desarrollo de las pesquerías artesanales en México (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001), el inconveniente es que la falta de esta información limita las posibilidades de realizar evaluaciones confiables de las existencias de los recursos naturales (Arena y Rey, 2003).

De 1987 al 2000 la tendencia general de la captura ha sido decreciente aunque con importantes oscilaciones. Para este período es clara la tendencia inversa del esfuerzo, sobre todo entre 1988 y 1995, el número de pescadores y embarcaciones aumentó continuamente sin control de la mortalidad por pesca, la pesquería en estas circunstancias pudo rebasar el punto del RMS, y aunque después de 1995 el esfuerzo de pesca se señala como estable ha habido una notable disminución en las capturas anuales a tal grado que la producción del 2000 a la fecha a mantenido una tendencia negativa y se registran las menores producciones de toda la historia de la pesquería.

La pesquería del sistema Carretas-Pereyra hasta 1994 mantuvo un régimen de acceso abierto (Seijo *et al.*, 2005). A partir de 1995 con la concesión del derecho de explotación por parte del gobierno federal a las cinco asociaciones de pescadores que habían operado en forma continua en el sistema, la pesquería adquirió el régimen de propiedad común (Seijo *et al.*, 2005). En el primer caso el aumento del esfuerzo fue constante, entre 1983 y 1995 las embarcaciones aumentaron 47% (Tabla 3.2). En el segundo caso los registros oficiales señalan que el esfuerzo se mantuvo constante. Sin embargo, la evidencia señala que el número de embarcaciones aumentó. En las cinco asociaciones existen pescadores no registrados como socios de las cooperativas (en su mayoría parientes cercanos de los socios: esposa, hijo, primo, sobrino) y que participan en la actividad como pareja de un socio en la unidad de pesca, en este caso la captura es

anotada sólo al socio. Con esta información se deduce que la pesquería en realidad continúa operado como un régimen de acceso abierto.

Captura de camarón vs esfuerzo pesquero

Los modelos dinámicos de biomasa son los más ampliamente utilizados en el manejo de pesquerías tropicales porque las composiciones históricas de las capturas no están disponibles o no son confiables (Morales-Bojórquez *et al.*, 2001), tal es el caso de la pesquería estudiada. A pesar de que la producción de camarón reportada incluye sin distinción atarrayas y encierro estacional, con los datos existentes se realizó una estimación de la producción por técnica de captura. La CPUE fue evaluada usando los datos de captura y esfuerzo de las embarcaciones (atarrayas), lo que no fue posible para la producción del encierro estacional ya que en este caso no existe información del esfuerzo. Aunque su captura representa un elevado porcentaje del total. Este problema enfatiza la necesidad de promover el monitoreo de la captura y el esfuerzo de los encierros estacionales. La Ley Federal de Pesca (SEMARNAP, 1999) contiene las reglas para la instalación y operación de las artes de pesca fijos. No obstante, estas reglas son ignoradas por las cooperativas de pescadores y por lo tanto no reportan la producción del encierro.

En el sistema carretas-Pereyra, la producción anual de camarón del encierro estacional el periodo 2001-2006 muestra tendencia negativa semejante a la producción total. La relación captura vs esfuerzo muestra un comportamiento lineal similar al descrito por el modelo de Schaefer (1954 *vide in* Sparre y Venema, 1997). La mortalidad por pesca ha sido muy grande, bajo estas condiciones la población pudo disminuir hasta niveles donde se afectó la capacidad natural de recuperación de la población (Csirke, 1989). En este escenario, la tendencia de la CPUE está representando una pesquería en vías del colapso.

Influencia medioambiental

Es reconocido el hecho de que las pesquerías basadas en los crustáceos peneidos presentan una alta variabilidad interanual en las capturas. Para explicar esta variación se han sugerido diversas causas, tales como la variación del esfuerzo pesquero, los parámetros ambientales y una combinación de ambas (López-Martínez *et al.*, 2002). En el sistema Carretas-Pereyra

las variaciones interanuales de las capturas totales fueron significativas, estas variaciones fueron atribuidas a cambios en el esfuerzo aplicado, a las características de las embarcaciones y a la destreza de los pescadores. Así mismo, la productividad del camarón fue influenciada por variables climáticas con ciclos de diferente frecuencia (López-Martínez, 2000). Por ejemplo, los de escala diaria afectan principalmente la supervivencia de estadios tempranos. Los de escala intermedia o estacional, como la salinidad, pueden ser el factor ambiental dominante para la distribución de la especie, o la temperatura que puede definir la temporada de reproducción al actuar como catalizador de las reacciones bioquímicas. Los de escala interanual, como el fenómeno climatológico El Niño, pueden afectar la tasa de supervivencia y el reclutamiento provocando fluctuaciones en la producción a largo plazo (con períodos mayores de un año). Estos influyen en el índice de CPUE de manera periódica y provocan variaciones en torno a una tendencia promedio que depende del nivel de explotación del recurso. En los años 1982-1983 se produjo un evento El Niño muy severo, mientras que en el periodo 1991-1995 se estableció un período de El Niño menos intenso pero muy prolongado (Magaña *et al.*, 2006). El fenómeno de El Niño de 1998 ha sido considerado el más fuerte de toda la historia (Werner, 2006). Sierra *et al.*, (2001) consideran que el evento El Niño 97-98 favoreció el reclutamiento y crecimiento del camarón, y la gran recuperación de la producción en 1999 en el Golfo de Tehuantepec apoya esta propuesta. Después de ese año se observan los registros de producción más pobres de la historia, que por cierto, quedan alineados a la tendencia negativa histórica del recurso (Figura 3.3). Entonces, se puede inferir que la fuerte explotación del recurso ha sido la responsable de colocar a la pesquería del camarón en la situación actual. El evento El Niño siempre ha existido (Magaña *et al.*, 2006) y su presencia tiende a favorecer el reclutamiento y el crecimiento del camarón, el aumento de la producción en las temporadas de pesca posteriores a la aparición del fenómeno soportan la idea. No obstante, la recuperación año con año se ha visto atenuada por el potente esfuerzo pesquero aplicado.

Asumiendo que la captura es un reflejo del tamaño de población, entonces la tendencia muestra ciclos de población de largo plazo dentro del periodo estudiado, detectados por la presencia en el registro histórico de años con picos altos de producción que sobresalen de la oscilación habitual, además de que su presencia reviste una notable periodicidad, 1987-1989 y 1997-1999 son ejemplos de ello. Si lo anterior es cierto,

podemos esperar que se presente una nueva oscilación mayor a la normal entre 2007 y 2009, y así sucesivamente en las décadas posteriores.

RMS, RMP, E_{RMS} y E_{RME}

Los modelos utilizados en el presente estudio (Csirke, 1989; Hilborn y Walters, 1992; Seijo *et al.*, 2005) son un intento de análisis objetivo de producción y esfuerzo combinando valores observados y registros históricos. Sin embargo, se debe considerar que los resultados obtenidos están subestimados debido básicamente a la subdeclaración de las capturas por los pescadores con atarraya y la falta de registros de la captura del encierro estacional. No obstante, la tendencia de la producción y el RMS estimado sirven como punto de referencia para inferir el estatus de la pesquería del sistema, en tanto no se registre adecuadamente la producción. Para el caso de la captura con atarraya, la producción total observada del 2000 al 2006 se encontró por debajo del RMS estimado (248.4t/año), representando apenas el 58% para dicho período, pero el E observado (505 embarcaciones) supera en 45% el E_{RMS} calculado (349 unidades de producción). El RMP estimado para el sistema Carretas-Pereyra es superior a la captura observada en 1983, pero para los años posteriores hasta 2002 es menor que las capturas registradas. En el periodo 2003-2006 la producción es francamente escasa e incluso en los últimos tres años inferior a la registrada en 1983. Estos resultados sugieren la reducción drástica de la abundancia del recurso en el sistema Carretas-Pereyra, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Sierra *et al.* (2001) para el camarón blanco en altamar, también encontraron que la población en el Golfo de Tehuantepec se encuentra deteriorada.

Más allá del valor objetivo de RMS estimado, parecería razonable (dentro de un criterio precautorio, a efectos de la recuperación de la especie a mediano plazo y para obtener rentabilidad en la pesquería) recomendar una captura total anual menor a dicha magnitud. De hecho este tipo de modelos (modelo de producción) establece el esfuerzo de pesca estandarizado óptimo (E_{RMS}) en situación de equilibrio más bien que un RMS. En consecuencia pudiera calcularse una Captura Precautoria (CP) como el producto de dicho esfuerzo por el rendimiento medio de la flota durante los últimos años (Arena y Rey, 2003), en el contexto de un enfoque propuesto por Gullan (1969) de considerar la mitad de la vida

útil en la pesquería del recurso. Considerando el promedio de los últimos siete años y aplicando la ecuación:

$$CP = E_{RMS} * \left(\frac{(CPUE_{2000} + CPUE_{2001} + \dots + CPUE_{2006})}{7} \right)$$

el resultado es 119.3t/año, este valor es menor al RMS estimado. Mediante la aplicación persistente de la CP el recurso comenzará a recuperarse y por tanto los rendimientos obtenidos por la flota durante los últimos años se irán incrementando de manera paulatina, hasta alcanzar el rendimiento de $CPUE_{RMS}$.

El esfuerzo al cual se maximiza la diferencia entre los ingresos totales y los costos totales del esfuerzo pesquero (E_{RME}) es 225 embarcaciones, valor muy por debajo del E_{RMS} estimado (349 embarcaciones) y más aún del esfuerzo observado (505 embarcaciones). Esta evaluación sugiere una pesquería con problemas de rentabilidad lo cual provoca la pérdida de oportunidades de empleo en la pesquería. En este escenario los subsidios a la actividad pesquera pueden eventualmente contribuir a mantener un esfuerzo óptimo de la pesquería de camarón en el sistema Carretas-Pereyra. Este tipo de subsidios puede auxiliar temporalmente para evitar el colapso económico, pero no necesariamente la pérdida del stock de camarón.

En conclusión, la pesquería del sistema-lagunar Carretas-Pereyra se encuentra inmersa en la problemática general para el desarrollo de las pesquerías artesanales en México: la deficiencia en los sistemas de registro estadístico limita las posibilidades de realizar evaluaciones confiables de las existencias de los diferentes recursos. Además, la pesquería en realidad todo el tiempo ha operado en el régimen de acceso abierto.

La captura del encierro estacional representa una elevada proporción (38%) de la captura total. Su evaluación es importante para el diseño de las estrategias de ordenación del recurso. La variación de la población de camarón a largo plazo ésta siendo influenciada por variables interanuales con ciclos de 10 años las cuales se deben evaluar junto con la abundancia y la magnitud del reclutamiento. Los resultados de este estudio sugieren la reducción de la abundancia del stock de *L. vannamei* y de la rentabilidad de la pesquería. Además, indican que de mantenerse a futuro esta tendencia, la actividad pesquera puede

colapsar en primera instancia por razones económicas y posteriormente por la desaparición del recurso. El análisis de la tendencia de la producción y la CPUE revelan la necesidad de monitorear permanentemente los cambios en la pesquería estudiada. El bienestar futuro de la pesquería del sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra depende de factores biológicos y económicos: biomasa, condiciones medioambientales y productividad reproductiva son solo parte de este complejo sistema, pero de igual importancia son los cambios anuales de esfuerzo de captura, los costos y los ingresos que constituyen la parte económica de la pesquería. Un análisis completo del estatus de la pesquería debe incluir todas estas variables.

Capítulo 4

CAPITULO 4

La pesquería de camarón blanco en un sistema lagunar-estuarino al sur de México: evolución y manejo durante el periodo 1983-2006

Introducción

Los camarones peneidos representan uno de los recursos pesqueros más rentables del mundo. Su precio es muy elevado y la fuerte demanda que existe en los mercados de países ricos representa un formidable incentivo para el desarrollo de la pesquería (García y le Reste, 1987). En México, el Golfo de Tehuantepec históricamente se ha caracterizado por la gran abundancia de este recurso y en general por su alta productividad y diversidad de especies (Sierra *et al.*, 2001) como resultado de sus condiciones ambientales. La corriente nor-ecuatorial y la acción de los vientos del norte producen desplazamientos y surgencias de masas de agua, lo que produce variación en la temperatura que a su vez tiene efecto en el comportamiento de las especies de importancia comercial distribuidas a lo largo de las costas de Chiapas y Oaxaca, entre ellas el camarón (Reyna-Cabrera y Ramos-Cruz, 1998).

La riqueza biológica de la región contrasta con la pobreza y calidad de la información científica generada (Tapia-García y Gutiérrez-Díaz, 1998; Ramos-Cruz, 2000; Medina-Reyna, 2001). En las lagunas costeras del Golfo de Tehuantepec, la actividad está orientada en un 95% hacia el aprovechamiento del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) el cual aporta hasta el 97% de las capturas (Ramos-Cruz, 2000). Sin embargo, el insuficiente conocimiento de los subsistemas socio-económico, biológico y pesquero limita la posibilidad de proponer esquemas adecuados de manejo. El régimen de propiedad en estas pesquerías es el de acceso abierto (*sensu* Bromley 1991 *vide in* Seijo *et al.*, 2005). Un régimen de acceso abierto y la ausencia de medidas de control son las condiciones necesarias para que el esfuerzo de pesca alcance niveles demasiado elevados que conduzcan a la sobreinversión, costos de producción excesivos, rentabilidad nula y, quizás, una reducción global del valor de las capturas (García y le Reste, 1987). Según Seijo *et al.*

(2005), el sistema de acceso abierto es una condición suficiente para lograr en corto o mediano plazo la sobreexplotación del recurso.

Este estudio compila y discute información biológica, estadístico-pesquera (1983-2006), tecnológica y socioeconómica de los grupos de pescadores del sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra en el Estado de Chiapas. También, discute posibles medidas de manejo y tópicos de investigación potenciales a ser considerados en el corto plazo, a efecto de mejorar la situación actual del recurso.

Área de estudio

El sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra está localizado en la costa del Golfo de Tehuantepec entre 15° 24' 45" y 15° 32' 24" N y 93° 06' 10" y 93° 14' 44" W (INE, 1999). Está integrado por lagunas costeras, las cuales son hábitats acuáticos que se extienden detrás de barreras costeras de origen marino, y por un estuario el cual es un cuerpo de agua costero semicerrado con ríos y arroyos fluyendo dentro y con una conexión libre al mar abierto (Shepard, 1973). El sistema comprende tres lagunas costeras interconectadas por dos canales sinuosos los cuales mantienen comunicación permanente con el mar abierto a través de la Boca Pijijiapan. La laguna Carretas se localiza al norte y tiene la superficie más grande (5.6km²), es seguida por Pereyra (3.3km²) localizada al oeste y Buena Vista (0.8km²) al sureste (de la Lanza, 1992; Contreras, 1993; INE, 1999).

El promedio anual de temperatura de la región es 28°C con oscilación mensual menor a 5° C. Las estaciones de estío (noviembre-abril) y precipitación (mayo-octubre) están bien definidas en el año. La máxima precipitación ocurre en septiembre (540.8mm) y la mínima se registra en enero (4.0mm; INE, 1999). El régimen de salinidad en las lagunas está influenciado por el flujo de mareas (100 a 160cm de amplitud), la tasa de evaporación y el escurrimiento local de los ríos (de la Lanza, 1992)

La diferencia mensual de los promedios de temperatura y salinidad del agua son significativos, aunque la diferencia entre el promedio del mes mas caliente y el del mas frío es de tan solo 6.5°C (en torno a 31.32°C; Rivera-Velázquez *et al.*, 2008). En enero se registra la temperatura menor y en agosto la mayor. Por los promedios mensuales de salinidad, el sistema pertenece a la categoría de mesohalino (Reid y Wood, 1961). La estación de estío presenta los valores mas altos de salinidad. La textura dominante del

sistema Carretas-Pereyra es franco-arenosa, y en general con alto porcentaje de materia orgánica (con excepción de los sitios de mayor influencia marina y contenido de arena). La abundancia de camarón es sensible de forma inversa a los cambios de salinidad, y de forma directa a la presencia de limos. No se aprecia correlación de la abundancia con el contenido de materia orgánica del sustrato (Rivera-Velázquez *et al.*, 2008). El área está cubierta por manglar (*Rhizophora mangle* L. (1753), *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn, *Avicennia germinans* (L.) L., y vegetación sumergida básicamente compuesta de *Typha dominguensis* Pers (INE, 1999).

Materiales y métodos

El estudio de la pesquería de *L. vannamei* del sistema Carretas-Pereyra cubrió dos aspectos. Para el primero se recabó y analizó información documental sobre la biología y los registros pesqueros de la especie, las estadísticas pesqueras oficiales incluyeron métodos de pesca, captura y esfuerzo pesquero del periodo 1983-2006. El segundo aspecto incluyó la aplicación de encuestas a socios de las cinco asociaciones de pescadores que trabajan en el sistema lagunar-estuarino. Entre enero del 2004 y diciembre del 2005 se visitaron sistemáticamente cinco comunidades vecinas al sistema Carretas-Pereyra, realizando un total de 315 entrevistas formales individuales (23-115 por comunidad) con socios de cinco organizaciones pesqueras distribuidas en el sistema. Las entrevistas se desarrollaron a través de preguntas estructuradas dirigidas a hombres y mujeres pescadores de oficio mayores de 18 años de edad. Los indicadores obtenidos fueron: estructura educativa, estructura ocupacional, ingresos, actividad pesquera, equipos de pesca, embarcaciones y organización pesquera.

Resultados

Flota artesanal

La flota artesanal para la captura de camarón en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, se encuentra constituida por embarcaciones y artes de pesca de diferentes características y/o tipos. Las embarcaciones son pequeñas tipo canoa llamadas localmente “cayucos”, y típicamente son operadas por dos pescadores: un “palanquero” o motorista y el lanzador de atarraya (esparavel). La atarraya y el encierro estacional son las artes de captura principalmente usadas en el sistema por los pescadores artesanales de camarón.

Embarcaciones. Todas las embarcaciones son de fibra de vidrio de 6, 7 u 8 m de eslora. El 83% de los socios tiene embarcación. La propulsión la hacen con remo, palanca o motor fuera de borda. Los remos y las palancas se construyen con material de la región, generalmente madera de mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Las palancas miden 4-5 m de largo y 4-5 cm de diámetro. El 13% de los pescadores tienen motor fuera de borda, de estos el 90% son motores con potencia de cinco caballos de fuerza (HP), también usan motores de 8 y 15 HP. La embarcación con motor, sin excepción, también lleva remo o palanca tanto para maniobrar la embarcación durante el lanzamiento de la atarraya para capturar camarón como por seguridad en caso de falla del motor.

Atarraya camaronera o esparavel. Es un arte de pesca activo, todos los socios de las cooperativas deben participar en la captura de camarón empleándola, el 94% de los pescadores posee al menos una atarraya. Son de hilo nylon monofilamento calibre 0.15 o 0.20, miden 5, 6 o 7 m de largo (radio) y las mallas miden 1.8 a 2.5cm ($\frac{3}{4}$ o 1 pulgada). Su confección incluye hilos de nylon dispuestos en forma radial para que al momento de recogerla forme una bolsa que evita el escape de los camarones capturados. Dependiendo de su longitud, lleva 3-6 kilos de plomo.

Encierro estacional. Son artes de pesca fijos (SEMARNAP, 1999), en el sistema Carretas-Pereyra son de diferentes longitudes, construidos de madera de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y malla de hilo alquitranado de 1.8 cm ($\frac{3}{4}$ pulgada) de luz. Una de sus funciones es

retener a los camarones en las lagunas Carretas (encierros Carretas esquina, Carretas esterillo y El Zapotal o El Bejucal) y en la laguna Buena Vista (encierro La Paluda) porque son las lagunas más productivas (Rivera-Velázquez *et al.*, 2008). La otra función es la captura del camarón (o cosecha, en términos de los propios pescadores), para este fin solamente el encierro de El Zapotal es construido con trampas (chiqueros), generalmente se coloca dentro del estuario conocido como Estero La Bolsa frente a la localidad El Zapotal, aunque en temporadas cuando la corriente en el estuario es muy fuerte la construcción la realizan en el paraje El Bejucal. Por acuerdo de las cooperativas los gastos y trabajos de construcción se reparten equitativamente (al igual que la captura), las labores de gestión, construcción, captura y mantenimiento las realizan exclusivamente los directivos de las cinco sociedades cooperativas, 10 funcionarios por cooperativa, por lo tanto el esfuerzo es aproximadamente de 50 pescadores más 2-4 técnicos enviados por la institución del gobierno del estado encargada de los proyectos sociales. Cada sociedad cooperativa posee al menos una lancha de fibra de vidrio de 27 pies con motor fuera de borda de 75 HP que es empleada para traslado de pescadores, acarreo de materiales de construcción, captura y transporte del camarón.

Mano de obra. Para el 79.7% de los socios de las cooperativas, la pesca es su principal actividad. El ingreso mensual del 56.5 % de ellos depende exclusivamente de la pesca. El 57.4 % son pescadores de origen: se iniciaron alrededor de los 12 años de edad y aprendieron la actividad de un familiar cercano. El 42.5% de los socios de las cooperativas tiene entre 10 y 19 años de experiencia, y el 43.5% tiene más de 20. La categoría de edad que esta menos representada es la de 10-19 años (11.1%) y la mejor representada 30-39 años (22.2%), pescadores de 70 años y más solo son el 4.4%. El 42.4 % antes de dedicarse a la pesca tuvo otra actividad: agricultura (17.8%), panadería (11.1%), ganadería (7.6%), construcción (3.2%), comercio (1.2%) y otras (1.5%). Actualmente el 43.5% tienen alguna actividad complementaria. Con lo que respecta a la formación escolar, 19.7% no tienen instrucción, 43.8% tiene primaria incompleta, 12.7% primaria completa, 0.3% estudios técnicos, 5.4% secundaria incompleta, 11.7% secundaria completa, 3.8% preparatoria incompleta, 1.9% preparatoria completa, y 0.6% licenciatura.

Captura

El camarón es objeto de una pesca secuencial por la flota artesanal en el sistema lagunar-estuarino (camarón de estero) y por la flota industrial en la plataforma continental. Los volúmenes actuales de camarón ubican a esta pesquería como la más importante de Chiapas aún a pesar de que no es una actividad que se ejerza todo el año, obedeciendo su desarrollo al crecimiento de la actividad artesanal (Tapia-García y Gutiérrez-Díaz, 1998). Los registros de capturas oficiales del sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra, obtenidos para el intervalo de 1983 a 2006, mostraron una tendencia al incremento entre 1983 y 1987, y una tendencia al decremento entre 1987 y 2006, en ambos casos con un patrón de variación sinusoidal de irregular amplitud. La captura máxima se registró en 1987 (806t), mientras que la mínima en 2006 (50 t), por lo tanto en el periodo de estudio (1983-2006) las capturas anuales de camarón oscilaron 600% (Rivera-Velázquez *et al.*, 2008). De la captura global no se hacen diferencias entre las especies de camarón que se pescan: *Litopenaeus vannamei* Boone 1931, *L. stylirostris* Stimpson 1871 y *Farfantepenaeus californiensis* Holmes 1990, no obstante González (2006) determinó que en el sistema Carretas-Pereyra, el 99 % es *L. vannamei*. El camarón blanco, *L. vannamei*, es una especie de ciclo de vida corto, de rápido crecimiento (Hendrickx, 1995), que ha constituido el recurso más importante de la región (Tapia-García y Gutiérrez-Díaz, 1998; Ramos-Cruz, 2000; Medina-Reyna, 2001). Las diferentes flotas artesanales (cinco sociedades cooperativas) muestran una centralización de las capturas, de enero a marzo, en la laguna Carretas, y entre julio y agosto en la laguna Buena Vista. Entre enero y agosto también pescan en el estuario, los esteros y otras lagunas del sistema aunque allí las capturas siempre son menores. También son importantes las capturas en los encierros estacionales donde se obtuvo, para los últimos cinco años, un promedio anual de 38% del total.

Desarrollo histórico. La pesquería ha mostrado cambios notorios a lo largo del periodo de estudio, tales como: (1) aumento del número de embarcaciones: el análisis histórico de la flota artesanal mostró una incorporación promedio de siete unidades anuales en todo el periodo, entre 1983 y 2006 pasó de 341 a 505 embarcaciones, pero en los 1990 la afiliación promedio fue de 11 embarcaciones anuales. Las incorporaciones significativas se presentaron en 1988-1989 (341-376), 1992-1993 (391-429) y 1994-1995 (429-501). La

incorporación más notable fue la de 1994-1995 y en todo el periodo no se presentan disminuciones. (2) sustitución de las embarcaciones de madera y las redes de hilo de seda por las embarcaciones de fibra de vidrio y redes de hilo de nylon monofilamento en la década de 1980. (3) incremento del número de pescadores. El número de pescadores en el sistema Carretas-Pereyra se incrementó 78% entre 1983 (609) y 1995 (1086). El número de pescadores registrados en 1988 (834) incrementó el 23% para 1989 (1004), y el 7.5% de 1994 (1004) a 1995 (1084) debido a la actualización del padrón de socios ya que la pesquería en el sistema lagunar a partir de 1995 fue concesionada por 20 años a cinco cooperativas. Se ha considerado que a partir de 1995 el esfuerzo general se ha mantenido. Sin embargo, existen varias modalidades de pescadores sin registro que operan regularmente: pescadores que sustituyen a otros pescadores en su ausencia (estos no afectan el número total de socios del padrón), pescadores sin registro que trabajan como pareja de pescadores registrados, y pescadores eventuales que pescan por periodos cortos. En los dos últimos casos el número es importante sobretudo en los meses de mayor producción. Sin embargo, no se tienen estadísticas al respecto (compendio personal).

Infraestructura y procesamiento del producto. Las instalaciones pesqueras no habían mostrado cambios marcados en los últimos 20 años. A partir del 2006, con excepción de una cooperativa, todas disponen de atracadero, centro de recepción, fábrica de hielo y estación de gasolina (las dos últimas aún no trabajan por falta de presupuesto). Ninguna de las cooperativas practica el procesamiento del camarón y todo el producto es comercializado fresco entero.

Régimen de propiedad. Aunque la pesquería de camarón en el sistema Carretas-Pereyra se concesionó desde 1995 para que se desempeñara bajo el régimen de propiedad común (el Estado asignó derechos de propiedad a las cooperativas pesqueras facultando a los socios del derecho de excluir a otros pescadores) (*sensu* Bromley 1991 *vide in* Seijo *et al.*, 2005), continuó funcionando como una pesquería de acceso abierto, o sea, cualquier miembro de la sociedad puede pescar. También, las cinco flotas, con diferente poder de pesca cada una, operan sin restricciones en todo el sistema. Las medidas regulatorias operacionales acordadas por las cooperativas son de los dos tipos que existen de acuerdo a García y le

Reste (1987): control de tallas y control del esfuerzo. Sin embargo, en la práctica, estas regulaciones no son efectivas porque no se respeta la medida reglamentaria de las artes de captura ni las restricciones de acceso al recurso, y el área de pesca es accesible a terceros. La eficacia del encierro rústico en el canal del estuario constituye un problema particular en el control del esfuerzo por que no se monitorea con el fin de generar información para evaluarlo. No se registran las estadísticas de producción ni se regula el tiempo que permanece instalado, quedando en ocasiones prácticamente todo el año.

Temporalidad de la captura. La captura comienza después de la temporada de lluvias cuando el camarón ha alcanzado la talla comercial (al menos 100mm). Por acuerdo de los socios de las cooperativas el encierro estacional y la captura con atarraya operan paralelamente: el primero es una actividad nocturna asociada a las fases lunares (lunas nueva y llena) que se efectúa entre diciembre y junio. La segunda se realiza a diario de 6 a 10am lo cual obedece a una veda espacial y temporal establecida por los propios pescadores, con ella dosifican el inicio de operaciones por áreas en función de la talla del camarón y regulan el horario de trabajo para tener mejor reparto de la producción de camarón del sistema entre los pescadores. La captura se realiza inicialmente dentro del estero en el área aledaña al encierro estacional (diciembre-enero), posteriormente en las lagunas Carretas y Pereyra (enero-junio o hasta que la abundancia justifica continuar pescando), y al final en la laguna Buena Vista (julio-agosto).

Las investigaciones recientes (Rivera-Velázquez *et al.*, 2008), basadas en modelos dinámicos de biomasa, sugieren que el recurso está sobreexplotado y la pesquería sobrecapitalizada: el esfuerzo al máximo rendimiento sostenible estimado (349 embarcaciones) está por debajo de los actuales niveles de esfuerzo observado (505 embarcaciones). El estudio muestra también una clara disminución de la biomasa, la captura y el ingreso neto. Sin embargo, las características reproductivas del camarón imponen un panorama complejo que impide afirmar la existencia de sobrepesca. Pese a la fuerte presión de explotación a la que ha estado sometida la población no ha desaparecido e incluso han habido años en que su abundancia resurge insinuando ciclos de reclutamiento (y de producción pesquera) de 8-10 años.

Discusión

El aumento del esfuerzo en el sistema lagunar-estuarino se ha dado tanto por el aumento de la flota artesanal como por su modernización. Diversos factores socioeconómicos lo explican (Capurro y Defeo, 1999): (1) bajos niveles de ingresos y de condiciones de vida obligan a aumentar las capturas. (2) desempleo en zonas rurales, que aunado a subsidios y amplias facilidades de financiamiento en el sector artesanal propician la migración a zonas costeras y ocupación en pesca (la existencia de pescadores activos y eventuales es claro indicativo de ello). (3) bajos costos operativos y de inversión y fácil acceso a recursos pesqueros que justifican un aumento del esfuerzo de pesca aún en presencia de bajos niveles de abundancia. (4) incremento de precio de los productos debido a un aumento de la demanda internacional y disminución de los volúmenes de captura locales y agotamiento de recursos análogos en otros países. (5) aumento de la capacidad de captura. (6) régimen de libre acceso que inevitablemente genera sobreexplotación del recurso y sobrecapitalización de la flota. (7) ineficiente control de las regulaciones adoptadas, en especial el camarón que alcanza un alto precio unitario, y fácil acceso, que favorece la pesca ilegal.

En la CPUE la variabilidad puede ser muy elevada en función de la variación atribuible a la flota, así como a la temporada de captura la cual se incrementa cuando existe especialización entre los diferentes elementos de la flota y cuando se da una captura oportunista (González-Becerril, *et al.* 2000). Otros factores que incrementan la variabilidad se relacionan con patrones ambientales estacionales o de mayor amplitud temporal, tal como el caso del fenómeno El Niño el cual se presentó irregularmente en el periodo estudiado (Magaña *et al.*, 2006) y que seguramente tuvo efecto en los resultados obtenidos. Sin embargo, al considerar la captura total como variable independiente, se enmascara el efecto que el fenómeno El Niño tiene sobre algunas especies. Por lo anterior, la relación CPUE puede reducirse o incrementarse dependiendo de las características ambientales, no obstante en el estudio de Rivera-Velázquez *et al.* (2008), único estudio de evaluación de la pesquería de camarón realizado en el sistema, la captura obtenida es explicada empleando como indicador el número de embarcaciones.

En el sistema Carretas-Pereyra el incremento del esfuerzo sobre el camarón en un régimen de acceso abierto generó la consecuente disminución de rendimientos y

rentabilidad. Eventuales fluctuaciones de largo plazo (8-10 años) en la abundancia del camarón explican las pulsaciones observadas, aunque los resultados dan sustento a un estado de sobreexplotación. El área de acción de la flota artesanal es aledaña a las localidades de los pescadores. Si bien en ocasiones algunos dedican hasta cuatro horas para llegar a los lugares de captura, la mayoría invierte menos de una hora. Esto determina la creciente presión de pesca en zonas con altas concentraciones de organismos juveniles, lo cual en el caso de pesquerías secuenciales como ésta, aumenta la posibilidad de generar sobrepesca del reclutamiento y el colapso de la flota industrial en el mar (Seijo *et al.*, 2005).

El crecimiento de la flota pesquera no fue planificado, para su aumento no se consideró la situación del recurso ni su dinámica poblacional. Con respecto a las medidas operacionales de control de talla existentes en el sistema (talla comercial mínima y veda estacional), la primera se ha dado básicamente por la presión de los comerciantes y no fundamentada en razones biológicas. Sin embargo, este método ha resultado ineficaz por sí solo (García y le Reste, 1987). Desde 1995 la luz de malla autorizada para las redes es de una pulgada, que en la actualidad la siguen usando pero con menor frecuencia que las redes con malla de 1.8mm ($\frac{3}{4}$ de pulgada). Si esta medida regulatoria es aplicada bajo las condiciones actuales, este método obligaría a los pescadores a desechar los camarones pequeños capturados, con lo que perderían un tiempo precioso clasificando la captura y, en cualquier caso, debido a su fragilidad, los camarones de menor talla ya estarán muertos cuando se descarten, por tanto el efecto sobre la conservación del recurso sería nulo (García y le Reste, 1987). En el segundo caso, al ser los pescadores muy reticentes a tales restricciones, se hace necesario decidir cada año las fechas precisas de cierre y apertura en función de la evolución de la población definiéndolas con un muestreo permanente durante el período crítico. En la práctica, la presión de los pescadores por comenzar la captura obliga a iniciarla cuando aún el camarón no ha alcanzado la talla adecuada. Sin embargo, del establecimiento de vedas estacionales resulta un retraso en la edad de primera captura acercándola a la edad óptima, aumentando así la biomasa media disponible y la captura total (García y le Reste, 1987), lo que reditúa mayor biomasa y por consiguiente mayores beneficios para los pescadores.

En el área de estudio se requieren planes inmediatos de manejo, dirigidos a limitar la magnitud de la captura y del esfuerzo de pesca. En particular, las opciones más precautorias suponen la reducción del esfuerzo de pesca, lo cual encuentra fuerte resistencia en el poderoso sector pesquero, cuya fuerza política supera generalmente al consejo del científico (Castro-Suaste *et al.*, 2000). En el caso de las pesquerías artesanales, tal situación ha generado altas tasas de desempleo en zonas costeras carentes de fuentes laborales alternativas (Capurro y Defeo, 1999). Una estrategia opcional que posibilite la generación de empleo y evite la sobrecapitalización de la flota sería el desarrollo de pesquerías con base en recursos subexplotados, entre los que se pueden señalar: jaibas (*Callinectes arcuatus* Ordway, 1863, *C. bellicosus* (Stimpson, 1859), *C. toxotes* Ordway, 1863), langostinos (*Macrobrachium tenellum* Smith, 1871), popoyote (*Dormitator latifrons* Richardson, 1844), pejelagarto (*Atractosteus tropicus* Gill, 1863), bagre real (*Ariopsis guatemalensis* A. Günther, 1864), mojarra (*Cichlasoma trimaculatum* Günther, 1868) y lisa (*Mugil curema* Cuvier y Valenciennes, 1836). Estos recursos se capturan en cantidades moderadas, entre otras razones por tener menor valor económico. Sin embargo, Villatoro (2006) encontró que son abundantes en el sistema Carretas-Pereyra y de importancia alimenticia en la región. La apertura de nuevos mercados aumentaría las posibilidades de desarrollo de estas pesquerías y reforzaría la diversificación de las capturas. Esta política permitiría disminuir la presión de pesca que se ejerce sobre el camarón (Castro-Suaste *et al.*, 2000).

La razón de la explotación o su filosofía básica es aprovechar en forma sostenible al recurso en el largo plazo, a efecto de que esté disponible para las generaciones futuras (Capurro y Defeo, 1999). En este sentido, es recomendable la implementación de estrategias institucionales de manejo que incluyan a los pescadores en la toma de decisiones y en el control de las medidas establecidas, tal es el caso del co-manejo del recurso pesquero, el cual consiste en compartir la responsabilidad del manejo del recurso entre la comunidad pesquera y el gobierno (Castilla *et al.*, 1998 *vide in* Castro-Suaste *et al.*, 2000; Capurro y Defeo, 1999). La participación de los pescadores es relevante en dos aspectos (Capurro y Defeo, 1999): (1) a fin de proporcionar datos confiables derivados de la actividad pesquera, suministrando información fidedigna sobre capturas, esfuerzo pesquero y zonas de pesca, que permitan evaluar el estado de los recursos y diseñar esquemas sólidos

de manejo, y (2) en la toma de decisiones, tanto en la propuesta, como en la implementación y el control de las medidas de manejo. La idea es catalizar la puesta en marcha e instrumentación de un esquema de manejo en el cual la comunidad esté realmente (en contraposición a teóricamente) involucrada en el manejo del recurso, para así incrementar las posibilidades de éxito en el balance entre la explotación, el bienestar comunitario y las limitaciones bio-ecológicas propias del recurso natural renovable.

La pesca de camarón es la actividad predominante para tres cuartas partes de los residentes del sistema Carretas-Pereyra. Sin embargo, los ingresos económicos son bajos, por lo que más del 40% tienen una actividad complementaria. Durante muchos años el número de pescadores aumentó en forma constante, pero en la última década existe una fuerte tendencia a emigrar, principalmente a Estados Unidos. El análisis de las características ocupacionales de la población humana del sistema revela escasos cambios respecto a estudios socioeconómicos previos, como el de Acosta (1989). Para explicar esta situación es necesario considerar que en el co-manejo la contribución de estructuras institucionales formales e informales (Código de conducta para la pesca responsable; FAO, 1995) no ha desempeñado un papel creciente en esta región de Chiapas. Por consiguiente, no es raro que los pescadores conserven las mismas características de antaño y que no solo se mantengan dentro de niveles de pobreza, sino que además para muchos de ellos la pesca es la única fuente de alimentación. Esta puede ser la causa de la presión sostenida sobre el recurso y también de la emigración de los pescadores por la falta de incentivos económicos en sus localidades.

Por lo anterior, es necesario integrar un programa de monitoreo que contemple las dos áreas de conocimiento necesarias para el manejo, condiciones socio-económicas y ambientales, y que se componga de los tres niveles de toma de decisiones: instancias de gobierno, consejo científico y dirección de la pesquería. Este arreglo tendrá mejores posibilidades de mantener una plataforma de supervisión, organización de estudios de valoración y toma de decisiones con énfasis en el desarrollo sustentable.

Capítulo 5

CAPITULO 5

Conclusiones

Los estimadores de densidad por Kernel (EDK) son una herramienta moderna que se ha empleado para analizar la distribución de tamaños en organismos de una población o cohorte y como alternativa para estimar la edad y el crecimiento de peces. En este estudio se emplearon como una herramienta moderna y precisa para analizar la composición por tallas de camarones juveniles de *Litopenaeus vannamei*. Los resultados obtenidos demuestran la confiabilidad de las estimaciones y son evidencia de las ventajas que puede representar el empleo del método: los EDK eliminan la subjetividad al seleccionar el origen (en el eje de las x) y la amplitud de banda (intervalo) al construir los histogramas tradicionales, poseen un respaldo estadístico objetivo para la amplitud de banda utilizada, proporcionan un resultado continuo (suave) y facilitan la comparación de resultados con los obtenidos en otros estudios.

No es clara la correlación entre la talla de emigración y la tasa de crecimiento con la temperatura o las estaciones del año. Sin embargo, es evidente que las dos modas mas grandes de reclutamiento de camarón al sistema están asociadas a las condiciones prevalecientes en la estación de estío (diciembre-enero y marzo-mayo). Además, las mayores densidades de camarones juveniles se presentan en condiciones mesohalinas y poliahalinas, también asociadas a la época de estío.

La actividad pesquera que se realiza en el sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra debe considerarse como una actividad económica global que repercute en numerosos sectores de la sociedad. Esta actividad se realiza sobre un recurso común el cual operativamente funciona bajo un régimen de propiedad de acceso abierto. Su aparición y desarrollo fue espontáneo y basado en la capacidad de los pescadores para capturar el recurso, su evolución se basó en considerar al recurso como ilimitado, y por lo tanto cada usuario pensó que si se introducía un elemento más en la explotación (artes o equipos de captura),

aumentaría sus beneficios en proporción directa a los elementos utilizados. Sin embargo, como el recurso es limitado, este planteamiento condujo a la reducción de los beneficios individuales y posteriormente a la reducción de la captura total. La escasa participación institucional correlacionada con los bajos niveles de vida de los pescadores y la inexistencia de alternativas de trabajo son la causa del mantenido y creciente esfuerzo sobre el recurso.

La pesquería del sistema-lagunar Carreta-Pereyra presenta una condición de sobreexplotación. Sin embargo, el complejo ciclo de vida de *L. vannamei* y el recurrente rebrote de su abundancia en ciclos mayores a un año hace pensar en la posibilidad de la recuperación eventual del recurso. Los problemas de fondo son el carácter de acceso abierto, o de propiedad común, del recurso y el incumplimiento de la ordenación pesquera. Para los pescadores del sistema están señaladas las reglas para proteger al recurso: vedas, reducción de esfuerzo pesquero, imposición de tallas mínimas de captura y concesión del recurso. Sin embargo, ni los usuarios ni las instituciones las han adoptado ni las vigilan para que se cumplan como una disciplina general que proteja el recurso.

Este es el primer intento de evaluar una pesquería de camarón dentro de un sistema lagunar-estuarino. El proceso se enfrentó al problema común de probablemente todas las pesquerías artesanales en México, deficiencia en los registros históricos de la producción, lo cual obedece a diferentes factores: inadecuado sistema de registro e informes de producción tendenciosos para facilitar los trámites administrativos. No obstante, considerando que a pesar de ello la amplitud de los registros existentes define un proceso, se efectuó esta primera valoración. Los resultados del estudio sugieren el descenso tanto de la población de camarón como de la rentabilidad de la pesquería, a tal grado que de persistir la tendencia en la intensidad de captura puede causar en un futuro próximo, además del colapso económico de la pesquería, el colapso de la población del sistema lagunar.

Literatura citada

- Acosta, C. J. R. 1989. Evaluación técnica, social y económica del sistema de cultivo artesanal de camarón en la costa de Chiapas. Secretaría de Pesca. Distrito Federal. México. 125 p.
- Andrade, G. J. 1992. Abundancia, disponibilidad y variación estacional de las postlarvas del camarón blanco (*Penaeus schmitti*) en Caño Sagua. Estado Zulia. Zootecnia Tropical. FONAIAP -Estación Experimental. Maracaibo Venezuela **10**(2), 117-130.
- Arena, G. y M. Rey. 2003. Captura máxima sostenible de la corvina (*Micropogonias furnieri*) explotada en el río de la plata y la zona común de pesca (período 1986-2002). Dirección Nacional de Recursos Acuáticos de Uruguay (DINARA), 39 p.
- Aquacop. 1979. Penaeid reared brood stock: Closing the cycle of *P. monodon*, *P. stylirostris* and *P. vannamei*. Proceedings of the World Mariculture Society 10: 445-452.
- Brown, A. Jr. and D. Patlan. 1974. Color changes in the ovaries of penaeid shrimp as a determinant of their maturity. Marine Fisheries Review 36(7): 23-26.
- Cabrera-Jiménez, J. y L. A. Soto. En prensa. Fisheries and aquaculture implications of a meristic character in wild postlarvae of the shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), (Decapoda, Penaeoidea). *Crustaceana*
- Capurro, L. y O. Defeo. 1999. El colapso de pesquerías: Un problema global. Avance y Perspectiva (mayo-junio). 18, 159-166.
- Castro-Suaste, T. G., G. Mexicano-Cintora y O. Defeo. 2000. Las pesquerías del estado de Yucatán (México): evolución y manejo durante el periodo 1976-1997. Oceanides. 15(1): 47-61.
- Chávez, E. A. 1979. Diagnósis de la pesquería de camarón del Golfo de Tehuantepec, Pacífico sur de México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 6(2): 7-14.
- CNA. 2001. Programa Hidráulico 2001-2006. Comisión Nacional del Agua (CNA). 128 p.
- CNA. 2007. En línea, Enero 2007:
<http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estacion/chis/NORMAL07129.TXT>
- Contreras, E. F. 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. CONABIO-UAM Iztapalapa, México. 415 p.

- Csirke, J. 1989. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO Fisheries Technical Paper 192. 82 p.
- Day, J. W. Jr., Ch. A. S. Hall, W. M. Kemp and A. Yáñez-Arancibia. 1989. Estuarine ecology. John Wiley and Sons. USA. 558 p.
- D' Cruz, L., F. Chérigo y N. Esquivel. 1979. Observaciones sobre la biología y pesca del camarón blanco (*Penaeus* spp.) en el pacífico de Panamá. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. 6(2): 45-58.
- de la Lanza, E. G. 1992. Oceanografía de mares mexicanos. AGT. México. 569 p.
- DOF. 2003. Norma Oficial Mexicana, NOM-022-SEMARNAT-2003. Diario Oficial de la Federación, jueves 10 de abril de 2003: 26-44
- Edwards, R. R. C. 1977. Field experiments on growth and mortality of *Penaeus vannamei* in a Mexico coastal lagoon complex. Estuarine Coastal Marine Science. 5: 107-121.
- Esponda, V. M. 1993. La población indígena de Chiapas. Série Nuestros Pueblos. No. 11. Gobierno del Estado de Chiapas. 30 p.
- Fang, T. G., R. E. Bodmer, R. Aquino y M. H. Valqui (Ed.). 1997. Manejo de fauna silvestre en la Amazonía. Instituto de Ecología, La Paz Bolivia. 15-22.
- FAO. 1995. Código de conducta para la pesca responsable. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Roma Italia. 46 p.
- Gamboa-Contreras, J. A. y M. Tapia-García. 1998. Invertebrados bentónicos de la plataforma continental interna. Cap. 9: 103-128. En: M. Tapia-García (Ed.) El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México. 240 p.
- García, S. y L. le Reste. 1987. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenamiento de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO Documento Técnico de Pesca, No. 203, Roma. 180 p.
- García-Borbón, J. A., J. Madrid-Vera, S. Ramos-Cruz, A. R. García-Juárez, D. Chávez-Herrera, D. Castro-Castro, E. Zárate-Becerra, L. F. Beléndez-Moreno, E. Morales-Bojórquez, P. Loreto-Campos, S. Hernández, A. Ramos-Montiel, M. Anguiano-Carrasco y C. Alvarado-Sarabia. 2004. Inicio de la temporada de veda 2004 para la pesquería de camarón del océano Pacífico mexicano. Informe de Investigación,

- Dirección General de Investigación Pesquera en el Pacífico Norte. Instituto Nacional de la Pesca. SAGARPA. Mazatlán, Sinaloa. México. 33 p.
- Godínez-Domínguez, E. 2003. Ecología de las asociaciones de macroinvertebrados bentónicos de fondos blandos del Pacífico central mexicano. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología Universidad de Coruña. 166 p.
- Gómez-Márquez, J. L. 1994. Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. 89 p.
- González-Becerril, A., E. Espino-Barr, M. Cruz-Romero y A. Ruiz-Luna. 2000. Determinación de la unidad de esfuerzo de pesca en una pesquería artesanal ribereña en Manzanillo, Colima, México. *Ciencias Marinas*. 26(1): 113-124.
- González, V. L. F. 2006. Distribución y abundancia de camarones del género *Litopenaeus* (Peneidae) en el sistema lagunar Carretas-Pereyra, Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México. 64 p.
- Grinstead Ch. and J. L. Snell. 1997 *Introduction to Probability*. Providence, Rhode Island, United States. American Mathematical Society. 510 p.
- Guerra, S. A. y J. L. Sánchez. 1998 *Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos*. Zaragoza: España, ACRIBIA, S. A. 249 p.
- Gulland, J. A. 1969. *Manual of methods for fish stock assessment. Part. 1. Fish population analysis*. FAO Manual Fisheries Science 4. 154 p.
- Gulland, J. A. y A. A. Rosenberg. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO Documento técnico de pesca N° 323 Roma, FAO. 112 p.
- Hendrickx, M. E. 1995. Camarones. 417-537 pp. *In: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. I Plantas e invertebrados*. W. Fischer, F. Krupp, W. Scheider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem (Ed.) F. A. O. Roma, Italia. 646 p.
- Hilborn R. and C. J. Walters. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty*. New York: US Chapman and Hall. 570 p.

- IDESMAC. 1998. Manejo y Conservación de Cuencas Compartidas entre Las Reservas de la Biosfera “El Triunfo” y “La Encrucijada”, Chiapas; México. “Estudio Socioeconómico en la Cuenca Hidrológica de Pijijiapan, Chiapas”. Chiapas: México Instituto de Historia Natural, Reserva de La Biosfera la Encrucijada, Informe técnico elaborado por Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A. C. tomos I y II. 280 p.
- INE. 1999. Programa de Manejo. Reserva de la Biosfera La Encrucijada”. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. México. 183 p.
- INEGI. 1995. Pijijiapan estado de Chiapas. Cuaderno estadístico municipal. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México. 125 p.
- INEGI. 1998. Carta Geológica, Escala 1:250,000. Huixtla, D15-2. INEGI. Aguascalientes, México.
- INEGI. 2000. Censo General de Población y Vivienda 2000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes, México. www.inegi.gob.mx. Noviembre, 2006.
- INEGI. 2004. Información estadística. Resultados sectoriales de los censo económico 2003. http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2004/cuadros/cuadro_pes05.xls. Marzo, 2008.
- Krebs, C. J. 1997. Ecological Methodology. California: US Benjamin Cummings. An imprint of Addison Wesley Longman, Inc. 579 p.
- Lindner, M. T. and H. T. Cook. 1970. Synopsis of biological data on the white shrimp *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767). FAO Fish Rep. 57: 1439-1469.
- López-Martínez, J. 2000. Dinámica de la pesquería del camarón (*Penaeus californiensis*) en el litoral sonorensis, y su relación con algunos parámetros océano-atmosféricos. La Paz, BCS: México Tesis de doctorado. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas. 174 p.
- López-Martínez, J., S. Hernández-Vázquez, F. Arreguín-Sánchez, E. Herrera-Valdivia, A. García-Juárez, R. Morales-Azpeitia y N. Nevárez-Martínez. 2002. Variabilidad interanual en la dinámica poblacional del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* en el litoral de Sonora. Periodo 1978-2002. In: Foro de investigación de camarón del Pacífico: evaluación y manejo. 18 y 19 de junio, 2002. Sinaloa:

- México Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera en Mazatlán. 99-124.
- Magaña, R. V., J. L. Pérez, C. Conde, C. Gay y S. Medina. 2006. El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) y sus impactos en México. Departamento de Meteorología General, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM <http://www.cdc.noaa.gov/>
- Medina, A. 1987. Los desafíos de una potencia en reposo: Chiapas y su problemática contemporánea. ICACH tercera época 1: 48-66.
- Medina-Reyna, C. E. 2001. Growth and Emigration of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in the Mar Muerto Lagoon, Southern Mexico. Naga, The ICLARM Quarterly. 24 (3 y 4): 30-34.
- Medina-Reyna, C. E., O. Morales-Pacheco and H. Salinas-Orta. 1998. El reclutamiento de las postlarvas de camarón (*Penaeus vannamei*) en el Golfo de Tehuantepec: una revisión. Ciencia y Mar, México. 2(5): 33-44.
- Menz, A. 1976. Bioeconomics of penaeid shrimps in a lagoon complex on the Mexican Pacific coast. Tesis para obtener el grado de Doctor en Filosofía por la Universidad de Liverpool. Inglaterra. 145 p.
- Morales-Bojórquez, E., J. López-Martínez y S. Hernández-Vázquez. 2001. Dynamic Catch-Effort Model for Brown Shrimp *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes) From the Gulf of California, Mexico. Ciencias Marinas. 27(1), 105-124.
- Ogle, J. T. 1992. A Review of the Current (1992) State of Our Knowledge Concerning Reproduction in Open Thelycum Penaeid Shrimp with Emphasis on *Penaeus vannamei*. Invertebrate Reproduction and Development 22(1-3): 267-274.
- Ovalle, P. de J. 1999. Estudio de mercado del camarón en la costa de Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 114 p.
- Ovalle, P. de J. 2001. Carretas-Pereyra, Pijijiapan: pampa en agonía. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 142 p.
- Parra, U. R. E. 1992. Resultados preliminares sobre los requerimientos proteicos de juveniles de camarón blanco (*Penaeus schmitti*, Burkenroad) en acuarios experimentales. Zootecnia Tropical. FONAIAP-PRODETEC Subestación Experimental El Lago, Maracaibo. Venezuela 10(2), 189-203.

- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Fisheries Technical Paper 234: 49 p.
- Pérez-Castañeda, R. and O. Defeo. 2001. Population Variability of Four Sympatric Penaeid Shrimps (*Farfantepenaeus* spp.) in Tropical Coastal Lagoon of Mexico. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 52: 631-641.
- Pérez-Farfante, I. and B. Kensley. 1997. Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the World. Keys and diagnoses for the Families and Genera. Mémoires du Muséum National d'Historie Naturelle, Tome 175, Zoologie. Paris, France. 233 p.
- Ramos-Cruz, S. 2000. Composición por tallas, edad y crecimiento de *Litopenaeus vannamei* (Natantia: Penaeidae), en la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. Rev. Biol. Trop. 48 (4): 873-882.
- Ramos-Cruz, S. y E. Ramos-Santiago. 2006. Abundancia relativa de postlarvas de camarones peneidos en la bahía Salinas del Marqués, Golfo de Tehuantepec, México. Marzo a junio de 1999. Biología Marina y Oceanografía 41(1): 121-128
- Reid, K. G. and R. D. Word. 1961. Ecology of Inland Waters and Estuaries. D. van Nostrand Co., New York. 485 p.
- Reyna-Cabrera, I. E. y S. Ramos-Cruz. 1998. La pesquería de camarón de altamar. Cap. 12: 163-178. En M. Tapia-García (Ed.) El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México. 240 p.
- Rivera-Velázquez, G., L. A. Soto, I. H. Salgado-Ugarte and E. Naranjo. 2008. Growth, mortality and migratory pattern of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Crustacea, Penaeidae) in the Carretas-Pereyra coastal lagoon system, Mexico. Revista de Biología Tropical. 56(2): 523-533
- Rosenblatt, M. 1956. Remarks on some nonparametric estimates of density function. Ann. Math. Statist. 27:832-837.
- SAGARPA. 2006. Anuario Estadístico de Pesca 2003. Mazatlán, México. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura. 265 p.
- Salgado-Ugarte, I. H. 2002. Suavización no paramétrica para análisis de datos. FES Zaragoza-DGAPA UNAM (PAPIIT IN217596, PAPIME 192031). 139 p.

- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu and T. Taniuchi. 1994. Semi-graphical determination of Gaussian components in mixed distributions. *Stata Technical Bulletin*, 18: 15 - 27.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu and T. Taniuchi. 1997. Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Technical Bulletin*. 38: 27-35.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, T. Taniuchi and K. Matsushita. 2000. Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. *Asian Fisheries Science* 13: 1-12. . ISSN: 0116-6514
- Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, T. Taniuchi and K. Matsushita. 2002. Nonparametric assessment of multimodality for size frequency distributions. *Asian Fisheries Science* 15: 295-303. . ISSN: 0116-6514
- Salgado-Ugarte, I. H., J. L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. FES-Zaragoza, UNAM. México. 240 p.
- Sanvicente-Añorve, L., I. H. Salgado-Ugarte and M. Castillo- Rivera. 2003. The use of kernel density estimators to analyze length-frequency distributions of fish larvae, p. 419-430. *In* I. H. Browman and A. B. Skiftesvik (Eds.). *The Big Fish Bang: Proceeding of the 26th Annual Larval Fish Conference*. Institute of Marine Research. Bergen, Norway.
- Seijo, J. C., O. Defeo y S. Salas. 2005. Bioeconomía Pesquera. Teoría, Modelación y Manejo. Documento Técnico de Pesca FAO. No. 368. 176 p.
- SEMARNAP. 1999. Ley de Pesca y su Reglamento. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca SEMARNAP. México. 113 p.
- SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de Pesca 1999. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). México. 424 p.
- Shepard, F. P. 1973. *Submarine Geology*. Harper & Row, New York. 527 p.
- Sierra, P., C. Acosta, J.A. García, A.R. García, A. Liedo, J.M. Melchor, S. Ramos, A. Rosas, M.P. Toledo y E. Zárate. 2001. Camarón del Océano Pacífico, 5-50. *En* *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. 1999-2000*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, Sinaloa. México. 1111 p.
- Silverman, B.W. 1986. *Density estimation for statistics and data analysis*. Chapman and Hall, London. 175 p.

- Smith, M. T. and J. T. Addison. 2003. Methods for stock assessment of crustacean fisheries. *Fisheries Research* 65: 231-256
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales – Parte 1: Manual. FAO documento técnico de pesca 306/1 Rev. 2 DANIDA - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 696 p.
- Stata Corporation. 2003. Stata Statistical Software for Windows: Release 8.0. College Station, TX. Stata Corporation.
- Tapia-García, M. y B. Gutiérrez-Díaz. 1998. Recursos pesqueros de los estados de Oaxaca y Chiapas. Cap. 11: 149-162. En M. Tapia-García (Ed.). *El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. 240 p.
- Toledo, A. 1994. Riqueza y Pobreza en el Estado de Oaxaca y Chiapas. Distrito Federal: México Centro de Ecología y Desarrollo; Recopilación. 50 p.
- Thrush, S.F. and Dayton, P. 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity. *Annual reviews in Ecology and Systematics*, 33: 449-473.
- Villatoro, A. V. A. 2006. Riqueza ictiofaunística del sistema lagunar Carretas-Pereyra, Chiapas, México y aspectos tróficos de cinco especies de peces. Tesis de Licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México. 72 p.
- Voorhies, B., G. H. Michaels and G. M. Riser. 1991. An Ancient Shrimp Fishery in South Coastal México. *Research and Exploration*, National Geographic Society. Vol. 7 (1): 20-35.
- Werner, S. 2006. El fenómeno ENOS. <http://www.imn.ac.cr/>
- Yáñez-Arancibia, A. 1986. *Ecología de la Zona Costera. Análisis de siete tópicos*. AGT, México, D. F., 189 p.

Growth, mortality and migratory pattern of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Crustacea, Penaeidae) in the Carretas-Pereyra coastal lagoon system, Mexico

G. Rivera-Velázquez¹, L.A. Soto², I.H. Salgado-Ugarte³ & E.J. Naranjo⁴

- 1 Lab. Acuicultura UNICACH, Ciudad Universitaria, Libramiento Norte s/n, Colonia Caleras Maciel, CP. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México; grivera@unicach.edu.mx
- 2 Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria México, D.F., México; lsoto@icmyl.unam.mx
- 3 Lab. de Limnología, FES Zaragoza, UNAM, Av. 5 de Mayo y Fuerte de Loreto, Col. Ejército de Oriente, Iztapalapa. C.P. 09230, México, D.F., México; isalgado@servidor.unam.mx
- 4 El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n C. P. 29290, San Cristóbal Las Casas, Chiapas, México; enaranjo@slc.ecosur.mx

Received 22-III-2007. Corrected 28-IX-2007. Accepted 21-I-2008.

Abstract: The growth, mortality and migration pattern of the population of *Litopenaeus vannamei* Boone 1931 in the Carretas-Pereyra coastal lagoon system, Mexico, were studied. The shrimp spatial distribution and abundance were analyzed in relation to salinity, water temperature, and substrate. A total of 2 669 shrimps were collected at 22 sites sampled monthly from March 2004 to August 2005. Juvenile shrimps of *L. vannamei* were present in the coastal lagoon system throughout the year, reaching densities from 0.001 to 0.302 ind/m². The estimated daily growth rate was 0.06 to 0.27 mm carapace length (CL). No significant seasonal differences were appreciated. Weekly total mortality (Z) was between 0.04 and 0.34. Recruits, juveniles and sub-adults displayed a bimodal distributional pattern regulated by the prevailing conditions during the dry season. The peak abundance of juvenile stages occurred in December-January and March-May. The abundance presented an inverse correlation with salinity ($r=-0.42$; $p<0.05$) and a positive correlation ($r=0.44$; $p<0.05$) with silt content. No clear correlation was distinguished for emigration size with season of the year or water temperature. Rev. Biol. Trop. 56 (2): 000-000. Epub 2008 June 30.

Key words: *Litopenaeus vannamei*, population dynamics, coastal lagoons, Mexico.

Coastal lagoons and estuaries serve as nursery habitats to an assorted number of marine species, including fish and invertebrates that are commercially exploited. These important habitats provide food and protection to estuarine-dependent species regulating their growth and survival (Pérez-Castañeda and Defeo 2001) and contributing to sustain the production of artisanal fisheries usually developed in these habitats (García and Le Reste 1987). In tropical and subtropical coastal habitats the penaeid shrimp exploitation plays a major role in the local community economy,

due to important revenues that its commercialization generates.

In Mexico penaeid shrimp production occupies the first place among the fishing resources with high economic value, and the national shrimp fleet generates more than 60 000 direct employments (Sierra *et al.* 2001, García-Borbón *et al.* 2004). From the total of shrimp landings in Mexico during 2001 (c.a. 95 000 tons) the Pacific coast contributed 75 000 tons or 79 % of the national production (Sierra *et al.* 2001). In contrast, estuarine shrimp contributed only 6 % to that production. In the Gulf

of Tehuantepec, where the Carretas-Pereyra coastal system is located, the offshore shrimp yield represents 8.5 % of the Mexican Pacific shrimp production. Along the Pacific coast of Mexico eight species of penaeids are exploited, though four of them (*Farfantepenaeus californiensis* Holmes 1990, *F. brevirostris* Kingsley 1878, *Litopenaeus stylirostris* Stimpson 1871 and *L. vannamei* Boone 1931) constitute more than 90 % of the total capture (Sierra *et al.* 2001). In the industrial shrimp fishery of the Gulf of Tehuantepec, *L. vannamei* represents 40 % and it is also the most abundant species in the estuary systems (Medina-Reyna 2001), where it represents 97 % of the shrimp production.

Fishing coastal communities in the Gulf of Tehuantepec base almost entirely their operation (95 % according to Ramos-Cruz 2000) on the exploitation of juvenile shrimp. This activity has taken place for several decades since 1920 (Anonymous 1998), and in spite of its socioeconomic implications for the region, the coastal systems have remained practically unexplored. The need to increase our knowledge on this region of Mexico becomes highly relevant, in light of the significant decline in estuarine shrimp production recorded in the past decade (Anonymous 2000).

Our current knowledge on the estuarine shrimp population of *L. vannamei* is restricted to the studies conducted by Ramos Cruz (2000) and Medina-Reyna (2001). These authors documented the spatial-seasonal distributional patterns, the abundance and growth rate and age structure of the white shrimp in the Mar Muerto lagoon, Oaxaca-Chiapas.

The estimation of growth, mortality and migratory patterns are essential parameters in any population dynamics study (Guerra and Sánchez 1998). Their determination is essential for designing a fishing management strategy that insures a sustainable fishing exploitation in the area of study. The present study aims to that objective by assessing the environmental influence upon the estuarine population of *L. vannamei* inhabiting the Carretas-Pereyra coastal system, Chiapas. An attempt is made to determine its annual distribution, abundance

patterns, its growth and mortality rates as well as the migratory behavior of the juvenile stages within this complex coastal system.

Study area: Coastal lagoons are shallow aquatic habitats extended behind coastal bars of marine origin, while an estuary is semi-closed coastal body of water with one or more rivers or streams flowing into it, and with a free connection to the open sea (Shepard 1973). Based on these definitions, one can recognize the existence of both physiographic features in the study area. The Carretas-Pereyra system is located on the coast of the Gulf of Tehuantepec between 15°24'45" and 15°32'24" N and 93°04'44" and 93°06'10" W (Anonymous 1999). The system encompasses three shallow coastal lagoons interconnected by two meandering channels which open into the Pijijiapan Inlet, that maintains permanent communication with the open sea. Carretas Lagoon, located to the north has the largest surface area (5.6 km²), followed by Pereyra (3.3 km²) located to the west, and Buena Vista (0.8 km²) located to the southeast (De La Lanza 1992, Contreras 1993, Anonymous 1999).

The annual average temperature for the region is 28 °C with monthly oscillation of less than 5 °C. The dry and rainy seasons are well defined throughout the year: November-April and May-October correspond to dry and rainy periods, respectively. Maximum precipitation (540.8 mm) occurs in September and a minimum is recorded in January (4.0 mm, Anonymous 1999). The salinity regime in the lagoons is influenced by tidal flow (100 to 160 cm amplitude), evaporation rate, and local river runoff (De La Lanza 1992). The area is fringed by a rich mangrove forest (*Rhizophora mangle*; *Laguncularia racemosa*; *Avicenia germinans*), and submerged vegetation basically composed of *Typha dominguensis*. Sediments are muddy-peat and mud-sandy rich in organic matter.

MATERIALS AND METHODS

Twenty-two sampling sites were selected based on environmental differences (four

hydrological zones were recognized: central and marginal areas of lagoons, interconnecting channels and estuaries); the position of each site was recorded in a portable GPS. Monthly observations were conducted from March 2004 to August 2005, mostly in day light conditions. Shrimp were captured with the aid of a 4 m diameter cast net of 10 mm mesh- size. Ten random casts were made at each site. Temperature and salinity were recorded at each site. Substrate type was characterized in February of 2005. Captured shrimp were counted, sexed, weighed, and measured (carapace length, CL) and later preserved in 70 % ethanol. In the length frequency analysis the following size categories were applied according to Pérez-Farfante (1970 a, b), and Pérez-Castañeda and Defeo (2001): recruits as epibenthic postlarvae (<8 mm CL); juvenile (8-15 mm CL) and sub-adults (>15 mm CL). The size distribution for each sample was analyzed using Kernel Density Estimators (KDE), a statistical method proposed by Rosenblatt (1956) and defined as:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K \left[\frac{x - X_i}{h} \right]$$

where,

$\hat{f}(x)$ = density estimation for variable x
n = inspection number
h = bandwidth
Xi = length of the i-th shrimp specimen
K = Kernel function

Kernel Gaussian function was used:

$$K_{(z)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{z^2}{2} \right)$$

where,

$$z = \frac{(x - X_i)}{h}$$

Optimal bandwidth h was chosen based on Silverman's rule (1986):

$$h = \frac{0.9 A}{n^{1/5}}$$

where,

$$A = \min \left[\left(\frac{(X_i - x)^2}{n - 1} \right)^{1/2}, \left(\frac{\text{Fourth - spread}}{1.349} \right) \right]$$

The density distribution values were organized by a frequency scale and decomposed in their Gaussian component with a computerized version of the method proposed by Bhattacharya (1967), included in the statistical package Stata software 8.0 (Salgado-Ugarte *et al.* 1997, Stata Corporation 2003). The shrimp's average growth was estimated by modal progression analysis.

With the estimation of shrimp numbers by cohort (CPUE) in two successive moments t_1 and t_2 , using Baranov's (1918) equation

$$Z = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \left(\ln \frac{N(t_1)}{N(t_2)} \right)$$

the total mortality (Z) coefficients were estimated. To estimate Z in this equation, it was not necessary to know the absolute values for N (t_1) y N (t_2), only their proportion. Catch per unit of effort (CPUE), amount of shrimps captured per cast, is the assumed quantity proportional to the shrimp abundance in the system, N (Sparre and Venema 1997).

For comparative purposes with other studies in which total length (TL) is employed, the CL average length for white shrimp was transformed into TL applying the following equation:

$$y = 4.967265x + (-2.941976) \quad r^2 = 0.9587$$

Catalogue number of voucher specimens (lot) is LHUNICACH-C-280-06.

RESULTS

Environmental factors: the water temperature in the studied coastal system shows a reduced range (26.87 °C to 33.34 °C). The difference between the average of the coldest and warmest months was of 6.5 °C (Fig. 1). However, differences among the monthly averages were significant (ANOVA; $p < 0.0001$). The minimum temperature was recorded in February 2005 (22.9 °C) and the lowest average belonged to January (26.87 °C). The warmest temperature was recorded in August 2004 (36.8 °C) as well as the highest monthly average (33.34 °C). Temperature between sites did

not show significant differences (ANOVA; $p < 0.72$). Water salinity had an ample fluctuation range from 0 ‰ in October to 32.8 ‰ in April; the lowest average was registered in October (0.39 ‰) and the highest in April (29.27 ‰). Salinity differences were significant on a monthly basis ($H = 202.15$; $p < 0.0001$) but these were not significant among sites ($H = 31.23$; $p = 0.0696$). Seasonal salinity averages also presents significant differences ($H = 57.84$; $p < 0.0001$), being higher during the dry season (15.74 ‰; std 10.1) than during the rainy season (6.35 ‰; std 9.3). Considering the salinity monthly average by season, the system can be divided into four categories following “Venice System” classification (Reid and Wood 1961): I limnetic (< 0.5 ‰) October 2004; II oligohaline (0.5- < 5.0 ‰) July, August, September and November 2004; III mesohaline (5.0- < 18.0 ‰) June and December 2004, January and February 2005; IV polyhaline (18.0- < 30.0 ‰) May 2004 and March to April 2005. The salinity averages in most of the sampling sites fall within the mesohaline category, except for site 15 (Boca Pijijiapan). The percentage of organic matter (OM) contained in the sediments of the lagoons varied from 0.26 % to 28.52 %; most of the sites had high OM contents (3.9 to 28.2 %). Improvised sites in OM were located near meandering channels, at the Pijijiapan Inlet and Pereyra Lagoon (sites 8, 12, 15 and 21), whereas the enriched sites corresponded to sites near the Carretas Lagoon (sites 4 and 7). Sandy bottoms were predominant at the above inlet and the connecting channels. The silt-clay fraction varied from 4.79 % to 58.60 %; highest contents of silt-clay occurred at Carretas and Buena Vista Lagoons.

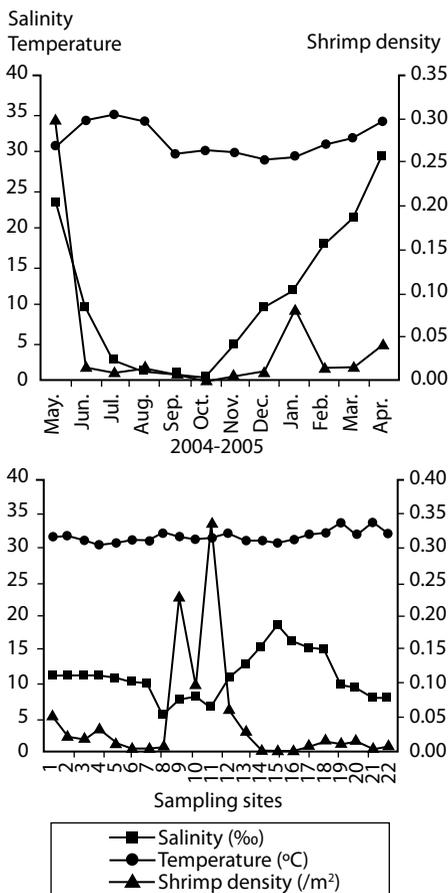


Fig. 1. Variation recorded for shrimp abundance in relation to the season and spatial distribution of temperature and salinity in the Carretas-Pereyra coastal lagoon system.

Distribution and abundance: a total of 2 669 shrimp specimens were collected from the 22 sampling sites. The density fluctuated between 0.001 and 0.302 ind/m². The highest abundance of shrimp (82 %) was registered in January 2005; other significant percentages (59 %) were registered in June 2004 and February 2005. The maximum density values were registered in May 2004 and January and April 2005

(Fig. 1). The density showed significant differences among months ($H=29.6$; $p<0.0002$), particularly in January. There is significant difference between the seasons ($H=5.57$; $p<0.009$) being the density higher in the rainy season.

The spatial distribution of density was concentrated in Buena Vista Lagoon (sites 10, 11), in one of the interconnecting channels (La Paluda, site 9), in the estuarine channel (sites 12 and 13), and in Carretas Lagoon (sites 1, 2, 3 and 4) (Fig. 1). However, only sites 9, 10, 11 and 12 showed significant density differences ($H=66.48$; $p<0.0001$) with respect to the others sites.

The localities corresponding to the southeast sector of the system (sites 9, 10 and 11) had the highest shrimp density values from May to August and April (Fig. 1). In contrast, in the northern sector (sites 1, 2, 3 and 4) the highest density was recorded in May-June and January; while in the estuarine channel at the central part of the system (sites 12 and 13), a major density was registered in January. In the northwestern sector (sites 17, 18, 19 and 20) maximum shrimp densities were recorded between November and January. The shrimp density estimated in the sectors La Paluda-Buena Vista and Carretas had significant differences ($H=39.55$; $p<0.0001$) with respect the other localities in the coastal system.

In Carretas (sites 1, 4) and Buena Vista (site 10) Lagoons the highest capture frequencies were obtained (10 out of 12 samplings); other places with major capture frequencies corresponded to the north part of Buena Vista (site 11) with nine samplings, the Carretas Lagoon central area (site 2), the interconnecting channels La Paluda (site 9) and the East side of Pereyra Lagoon (site 18) with eight samplings. On the other hand, the localities with lowest index of frequency of occurrence were the sites 14, 15 and 16 (La Boquita, Boca Pijijiapan and Pereyra Coyoleño). The sites with the highest values of abundance and frequency, in descending order were 11, 9, 10, 12 and 4. Shrimp abundance showed significant inverse correlation with salinity in the system ($r=-0.42$; $p<0.05$). No correlation

was appreciated with organic matter content ($r=-0.03$; $p>0.05$) but was significant with the silt content ($r=0.44$; $p<0.05$).

Size composition and migration age: the main recruitment of shrimp epibenthic postlarvae into the coastal lagoon system occurs in January and May but they were not detected in August during two consecutive years. In general, epibenthic shrimp were more abundant from November to May and their presence declines from June to October. Both juvenile and sub-adults were captured during the entire period of sampling reaching peak abundance in January. Their abundance diminished from February to March followed by another peak abundance from April to June, declining again towards the period from July to December (Fig. 2). Even though, penaeid shrimp are always present in the system, the abundance pattern of the three development stages (recruit, juvenile and sub-adults) is essentially bimodal. The number of modes detected by monthly sampling varied between two and three and there were 18 generations identified during the 18 months of sampling (Table 1). The minimum modal size for these groups was 2.84 mm and the maximum was 26.86 mm of CL that corresponds to 122.56 mm of TL. However, it was observed that *L. vannamei* can reach sizes up to 27.7 mm CL (134.65 mm TL), in nearly five months; at this age, *L. vannamei* emigrates to the adjacent offshore waters (Fig. 3).

Growth and Mortality: the growth rates were estimated within the size interval of 2.84 to 26.86 mm CL (Table 1). The cohorts were progressively identified in each month of sampling. The estimated growth rate fluctuated from 0.06 to 0.27 mm/day CL (0.29 to 1.34 mm/day TL), with an average of 0.16 mm/day CL. The average growth rate in CL was similar during the dry and rainy seasons, 0.158 and 0.160 mm/day, respectively.

Nine individual estimations of total mortality (Z) were obtained in an interval between 0.04 and 0.34 per week. The total mortality (Z) was 0.25. These values of mortality included

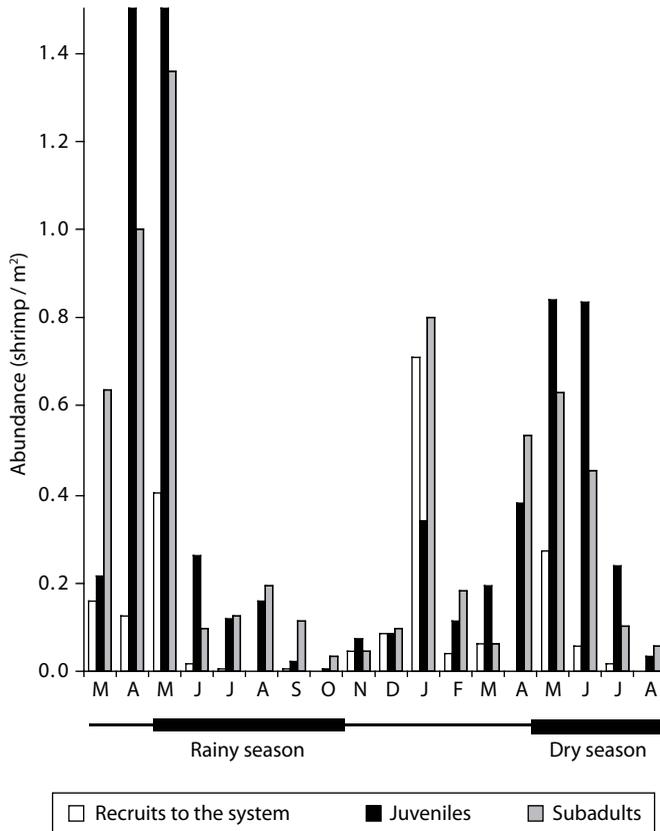


Fig. 2. Abundance pattern for *Litopenaeus vannamei* in the Carretas-Pereyra coastal lagoon system recorded from March 2004 to August 2005. The abundance of juvenile in April and May 2004 was 3.8 and 4.9 shrimp/m² respectively.

shrimp in sizes from epibenthic postlarvae (recruits to the system) to sub-adults with sizes below the first capture size for commercial fishing. Therefore, in this case, Z is equal to M. When the Z value is transformed to percentage it was obtained a weekly mortality rate from 8.0 to 58.7 % with a general rate of 29.87 %.

DISCUSSION

Distribution and abundance: the shrimp spatial heterogeneity both in distribution and abundance can be attributed to different factors. On one hand, *L. vannamei* shows an amphibiotic life cycle. The adult stock reproduces in the sea and the postlarvae and sub-adult

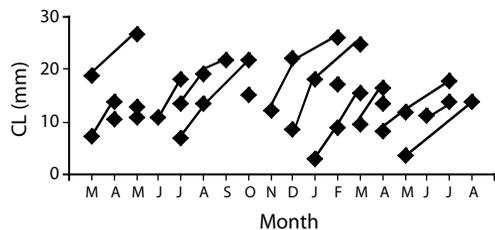


Fig. 3. Monthly distribution of cephalothorax average length of *Litopenaeus vannamei* recorded in the Carretas-Pereyra coastal lagoon system (March 2004 to August 2005).

use lagoons and estuary systems as nursery grounds. Its physiology is modified throughout this process, evolving particularly its osmo-regulation capacity, reason why during its

TABLE 1
Growth rate per cohort of Litopenaeus vannamei
estimated in the Carretas-Pereyra coastal lagoon system

Cohorts	Range CL (mm)	K (mm/d)	Season
1	7.17-13.84	0.16	Dry
2	18.95-26.86	0.12	Dry
3	10.95-18.50	0.25	Rainy
4	6.88-13.46	0.24	Rainy
5	13.46-21.74	0.14	Rainy
6	13.62- 19.28	0.20	Rainy
7	19.28-21.85	0.08	Rainy
8	15.10-22.25	0.13	Season change Rainy-Dry
9	22.25-26.00	0.06	Dry
10	8.65-18.07	0.27	Dry
11	18.07-24.75	0.12	Dry
12	2.84-8.80	0.21	Dry
13	8.80-15.35	0.24	Dry
14	9.64-16.54	0.20	Dry
15	8.27-11.86	0.12	Dry
16	11.86-17.82	0.11	Season change Dry-Rainy
17	3.54-13.99	0.12	Season change Dry-Rainy
18	11.05-13.69	0.09	Rainy

growth they present differences in the estuary environment. In this study, salinity presented a significant inverse correlation *versus* abundance ($r=-0.42$; $p<0.05$). This agrees with the information indicated by García and Le Reste (1987) for another Penaeidae species and with the observations made by Medina-Reyna (2001) for *L. vannamei* in the Mar Muerto Lagoon, near to the studied area. The system presents extreme variations in salinity (0.0-31.0 ‰) in its different sectors, the normal river discharge helps to maintain mesohaline water conditions. However, seasonal precipitation exerts a direct influence upon the salinity regime, creating at least four haline categories

from which, the mesohaline and polyhaline coincide with the months (January and April) in which the highest juvenile production was recorded. The rainy season presented higher shrimp average abundance but the highest frequencies and occurrences were registered during the dry season. Similarly, the significant shrimp abundance obtained in May -first month of the rainy season- corresponded to the major capture average for this season.

On the other hand, shrimp migration is not only promoted by salinity fluctuations. The selection of an adequate substrate for postlarvae settling, the environment trophic richness and the hydrology are additional factors that account for penaeid shrimp migratory patterns (García and Le Reste 1987). In the Huizache-Caimanero system, during the growth stage, Edwards (1977) observed higher concentration of epibenthic postlarvae in channels and mangrove areas, probably in response to low daylight intensity. This author also registered high concentrations of juvenile along the lagoons' periphery apparently associated to the emigration period.

The river discharge into a coastal lagoon system such as Carretas-Pereyra, not only contributes to originate a salinity gradient but also constitutes an important source of nutrients; both conditions promote the settlement and growth of penaeid shrimp (Yáñez-Arancibia 1986, Ramos-Cruz 2000, Medina-Reyna 2001). Sediments of silty and muddy type, rich in organic matter (3.9-28.5 %), seem also to enhance juvenile concentrations in the area of study. The western sectors of Carretas and Buena Vista Lagoons included the most productive sites in which shrimp attain high densities since they represent emigration routes, near the narrow channels that open into the main inlet (Pijijiapan Inlet). A similar pattern of abundance and distribution was described by Medina-Reyna (2001) in the Mar Muerto Lagoon.

Size composition and migration age: the analysis of the size distribution revealed that the pattern of postlarvae immigration is consistent for the two successive years studied.

Thus for instance, strong immigration pulses of postlarvae occur during the dry season, when the prevailing conditions of reduced precipitation and weak river discharge into the coastal lagoon system, apparently facilitate such a process. It is known that temperature variation may trigger shrimp spawning in offshore waters (Lindner and Cook 1970). In the studied area, significant temperature oscillations were recorded from December to February, a period that marks the onset of the dry season (Fig. 2). The described immigration pattern is congruent with similar studies conducted in the Gulf of Tehuantepec by Medina-Reyna *et al.* (1998) and Medina-Reyna (2001), and D' Croz *et al.* (1979) in the Pacific coast of Panama. Edwards (1977), in the northwestern coastal lagoons of Mexico, established a correlation between the immigration of shrimp postlarvae and the first months of the rainy period extended from June to July.

The annual bimodal abundance pattern of juvenile shrimp appears in synchrony with the dry season. Significant peak values were detected in January and July, though a third reduced mode was noted between February and March. Empirical knowledge on the part of local fishermen about the timing of shrimp postlarvae arrival and juvenile aggregation in the area of study, has historically established the months of maximum fishing effort in February-April and July-August, just prior to the onset of the above two processes. In the offshore waters of the Carretas-Pereyra system, shrimp spawning and planktonic immigration are processes intimately connected and presumably, they also exhibit an annual bimodal pattern similar to that described for juvenile stages. The range size and age of emigrating juvenile shrimp (145 mm TL; 4.5 months) are comparable to those reported by Ramos-Cruz (2000) the Mar Muerto Lagoon, Oaxaca.

The shrimp emigration process in the coastal lagoon system of Carretas-Pereyra seems continue throughout the year, hence the lack of positive correlation between the emigration size and season of the year. Shrimp fishing effort in the lagoon complex intensifies when

salinity changes occur and this coincides with certain lunar phases: full moon and new moon. Presumably, shrimp emigration from nursery grounds is promoted by several factors whose interaction is different in tropical environments (García and Le Reste 1987). Nonetheless, the new moon and the moon's light intensity have frequently been invoked to explain shrimp emigration (Beardsley 1970, García and Le Reste 1987, Edwards 1977).

Growth: rather than relying on the traditional length frequency distribution analysis to determine shrimp's growth, the Kernel Density Estimator (KDE) was employed to avoid the dependence on the origin, interval width, discontinuity and the use of fixed width intervals (Salgado-Ugarte *et al.* 1997).

The Kernel Density Estimator (KDE) solves these inconveniences and the estimators can be implemented with a wide interval adjustable to the number of data; additionally, the analysis avoids subjectivity since it provides guidelines to select less arbitrarily the histogram or frequency polygon to be used (Sanvicente-Añorve *et al.* 2003). A KDE's inconvenience is the great number of calculations that it requires. Scott (1985) suggested a form to overcome this problem: the procedure called "Average Shifted Histogram" (ASH). Later, Härdle and Scott (1988) developed the most general structure denominated "Weighed Average of Rounded Points" (WARP). This approach was used in this study to calculate the KDEs using the programs published by Salgado-Ugarte *et al.* (1997). The Silverman amplitude optimal bandwidth is designed for data with Gaussian distribution (Silverman 1986). This value is large when it is applied to biased or multimodal distributions. However, in these cases the optimal bandwidth can serve as a reference that allows recovering the dominant mode.

The growth rates varied widely; several authors recognize that this variation is influenced by the residence time of shrimp in the lagoon systems, the salinity, the temperature and the food availability (Edwards 1977,

García and Le Reste 1987, Ramos-Cruz 2000, Medina-Reyna 2001). However, the values estimated in this study are somewhat similar to the reported average values calculated in previous studies for coastal lagoons in the Mexican Pacific. Our estimations are close to the growth data reported by Ramos-Cruz (2000) and Medina-Reyna (2001) for *L. vannamei* in the Mar Muerto system from the Gulf of Tehuantepec (Table 2). It is important to emphasize that cohorts did not exhibit seasonal significant differences in their growth.

Mortality: the calculated mortality values for *L. vannamei* in the coastal lagoon system of Carretas-Pereyra may seem high (Z total=25 % per week). Yet, the mortality rate in the system is slightly lower to the indicated by Edwards (1977) for juveniles *L. vannamei* in the Huizache-Caimanero lagoons system ($Z=44$ % and $M=41$ % weekly). This author partially attributes such high estimated rate to the shrimps lost from experimental enclosures. In the assessment made by Chávez (1979) of the offshore shrimp stock in the Gulf of Tehuantepec, a weekly Z between 0.05 and 0.22 was recorded, which approaches the Z values obtained for juvenile shrimp. In other studies, it has been calculated that total juvenile shrimp mortality can reach up to 90 % (Edwards 1977), considering the difference between the postlarvae that arrive into the lagoon and the total fishing mortality. We assumed that mortality can vary in different parts of the lagoon system, and perhaps it is significant within the lagoons and channels where also different shrimp stages congregate. The total mortality herein reported may seem underestimated due to the absence in our analysis of data on postlarvae immigration and fishing mortality (F). Future research efforts ought to determine these parameters to validate our preliminary mortality estimates. The values of mortality that we considered belong to cohorts in different degrees of development.

In conclusion, this study confirms that the recruitment of shrimp postlarvae is continuous in the southeastern coast of the Mexican

TABLE 2
Comparison of average growth rates (mm/day) for Litopenaeus vannamei between the Carretas-Pereyra coastal lagoon system and other lagoons in the Pacific coast of Mexico

Lagoon	Highest	Lowest
Huizache-Caimanero (1969) ¹	2.85	0.88
Huizache-Caimanero (1973) ¹	1.96	0.88
Huizache-Caimanero (1973-74) ¹	1.64	0.51
Huizache-Caimanero (1974) ¹	1.54	0.53
Huizache-Caimanero (1977) ²	2.00	0.01
Mar Muerto (2000) ³	1.27	0.13
Mar Muerto (2001) ⁴	1.21	0.20
Carretas-Pereyra (thi study)	1.34	0.29

¹ Cited in Medina-Reyna (2001);

² Edwards (1977);

³ Ramos-Cruz (2000);

⁴ Medina-Reyna (2001).

Pacific. However, although small individuals were observed the whole year, the length frequency analysis applied in two fishing seasons allowed the recognition of two main cohorts: one of them appearing before the fishing season in January, and the other at the end of the season in May. Therefore, a bimodal shrimp recruitment associated to the conditions prevailing during the dry season is recognized. Such pattern of recruitment, obtained through the modal progressions analysis occurs from December to January and from March to May. The annual reproduction variation is similar to the recruitment pattern described for juvenile shrimp. No clear correlation was distinguished between emigration size and season of the year or water temperature. Similarly, the juvenile shrimp growth rate seems independent of seasonal changes.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the personnel who kindly assisted in field work and the processing of samples.

Thanks are extended to the CONANP and the staff of La Encrucijada Biosphere Reserve, for the facilities provided during this study. The first author acknowledges V. Rivera for his assistance in the elaboration of this manuscript. The support rendered by the fishermen's cooperative societies of La Encrucijada is greatly appreciated. This work was sponsored by the Escuela de Biología, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas and by Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT project 160, 2003-002. This study is part of the first author Doctoral thesis in the Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

Se estudió el crecimiento, la mortalidad y el patrón de migración del camarón *Litopenaeus vannamei* Boone 1931 en el sistema lagunar costero Carretas Pereyra, México. La distribución espacial y la abundancia fueron analizadas con relación a la salinidad, temperatura y sustrato. De marzo de 2004 a agosto de 2005 se recolectó un total de 2669 camarones con un muestreo mensual en 22 sitios. Los jóvenes se hallaron todo el año en el sistema lagunar costero, con densidades entre 0.001 y 0.302 ind/m². La tasa de crecimiento diaria fue de 0.06 a 0.27 mm longitud del cefalotórax (CL) y no se apreciaron diferencias significativas entre estaciones. La mortalidad total (Z) semanal estuvo entre 0.04 y 0.34. Reclutas, jóvenes y subadultos presentan un patrón de distribución bimodal regulado por las condiciones prevalecientes durante la estación de estío. Los valores máximos de abundancia de los estadios juveniles se presentan en diciembre-enero y marzo-mayo. La abundancia presentó una correlación significativa inversa con la salinidad ($r=-0.42$; $p<0.05$) y positiva ($r=0.44$; $p<0.05$) con el contenido de limo. No se distinguió una clara correlación entre la talla de emigración, la estación del año y la temperatura del agua.

Palabras clave: *Litopenaeus vannamei*, dinámica poblacional, lagunas costeras, México.

REFERENCES

- Anonymous. 1998. Manejo y Conservación de Cuencas Compartidas entre Las Reservas de la Biosfera "El Triunfo" y "La Encrucijada", Chiapas, México. "Estudio Socioeconómico en la Cuenca Hidrológica de Pijijiapan, Chiapas", Informe Final IDESMAC, Instituto de Historia Natural, Reserva de La Biosfera la Encrucijada, Chiapas, México.
- Anonymous. 1999. Programa de Manejo. Reserva de la Biosfera La Encrucijada". Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, México D.F., México.
- Anonymous. 2000. Anuario Estadístico de Pesca. 1999. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, Mazatlán, Sinaloa, México.
- Contreras, E.F. 1993. Ecosistemas Costeros Mexicanos. CONABIO-UAM Iztapalapa, México D.F., México.
- Chávez, E.A. 1979. Diagnóstico de la pesquería de camarón del Golfo de Tehuantepec, Pacífico Sur de México. An. Centro Cienc. Mar Limnol., UNAM, México D.F., México.
- D' Croz, L., F. Chérigo & N. Esquivel. 1979. Observaciones sobre la biología y pesca del camarón blanco (*Penaeus* spp.) en el pacífico de Panamá. An. Centro Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 6: 45-58.
- De La Lanza, E.G. 1992. Oceanografía de Mares Mexicanos. AGT. México D.F., México.
- Edwards, R.R.C. 1977. Field experiments on growth and mortality of *Penaeus vannamei* in a Mexico coastal lagoon complex. Estuarine Coast. Mar. Sci. 5: 107-121.
- García, S. & L. Le Reste. 1987. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenamiento de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO Documento Técnico de Pesca, No. 203, Roma, Italia.
- García-Borbón, J.A., J. Madrid-Vera, S. Ramos-Cruz, A.R. García-Juárez, D. Chávez-Herrera, D. Castro-Castro, E. Zárate-Becerra, L.F. Beléndez-Moreno, E. Morales-Bojórquez, P. Loreto-Campos, S. Hernández, A. Ramos-Montiel, M. Anguiano-Carrasco & C. Alvarado-Sarabia. 2004. Inicio de la temporada de veda 2004 para la pesquería de camarón del océano pacífico mexicano. Informe de Investigación, Dirección General de Investigación Pesquera en el Pacífico Norte. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, Mazatlán, Sinaloa, México.
- Guerra, S.A. & J.L. Sánchez. 1998. Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos. ACRIBIA, Zaragoza, España.
- Lindner, M.T. & H.T. Cook. 1970. Synopsis of biological data on the white shrimp *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767). FAO Fish. Rep. 57: 1439-1469.
- Medina-Reyna, C.E., O. Morales-Pacheco & H. Salinas-Orta. 1998. El reclutamiento de las postlarvas

- de camarón (*Penaeus vannamei*) en el Golfo de Tehuantepec: una revisión. *Cienc. Mar, México* 2: 33-44.
- Medina-Reyna, C.E. 2001. Growth and Emigration of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in the Mar Muerto Lagoon, Southern Mexico. *Naga, The ICLARM Quarterly* 24: 30-34.
- Pérez-Castañeda, R. & O. Defeo. 2001. Population Variability of Four Sympatric Penaeid Shrimps (*Farfantepenaeus* spp.) in Tropical Coastal Lagoon of Mexico. *Est. Coastal Shelf Sci.* 52: 631-641.
- Pérez-Farfante, I. 1970a. Diagnostic characters of juveniles of the shrimp *Penaeus aztecus aztecus*, *P. duorarum duorarum* and *P. brasiliensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Spec. Scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv. Fisheries*, 599.
- Pérez-Farfante, I. 1970b. Características diagnósticas de los jóvenes de *Penaeus aztecus subtilis*, *P. duorarum notialis* y *P. brasiliensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Separatas Memorias Sociedad Ciencias Naturales La Salle* 30: 159-182.
- Ramos-Cruz, S. 2000. Composición por tallas, edad y crecimiento de *Litopenaeus vannamei* (Natantia: Penaeidae), en la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Rev. Biol. Trop.* 48: 873-882.
- Reid, K.G. & R.D. Word. 1961. *Ecology of Inland Waters and Estuaries*. D. van Nostrand Co., New York, USA.
- Sanvicente-Añorve, L., I.H. Salgado-Ugarte & M. Castillo-Rivera. 2003. The use of kernel density estimators to analyze length-frequency distributions of fish larvae, p. 419-430. *In* I.H. Browman & A.B. Skiftesvik (eds.). *The Big Fish Bang: Proceeding of the 26th Annual Larval Fish Conference*. Institute of Marine Research, Bergen, Norway.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu & T. Taniuchi. 1997. Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Technical Bulletin* 38: 27-35.
- Silverman, B.W. 1986. *Density estimation for statistics and data analysis*. Chapman and Hall, London, United Kingdom.
- Sierra, P., C. Acosta, J.A. García, A.R. García, A. Liedo, J.M. Melchor, S. Ramos, A. Rosas, M.P. Toledo & E. Zárate. 2001. Camarón del Océano Pacífico, p. 5-50. *In* *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo 1999-2000*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, Mazatlán, Sinaloa, México.
- Shepard, F.P. 1973. *Submarine geology*. Harper & Row, New York, USA.
- Sparre, P. & S.C. Venema. 1997. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1: Manual*. FAO documento técnico de pesca 306/1 Rev. 2 DANIDA. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.
- Stata Corporation. 2003. *Stata Statistical Software for Windows: Release 8.0*. College Station, TX., USA.
- Yáñez-Arancibia, A. 1986. *Ecología de la Zona Costera. Análisis de siete tópicos*. AGT, México D.F., México.

