



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



00366

13

“Dinámica poblacional del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit”

T E S I S

que para obtener el grado académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

(BIOLOGIA MARINA)

p r e s e n t a

BIOL. TITO LIVIO PÉREZ VIVAR

Director de Tesis: Dr. Juan Madrid Vera

Comité Tutorial: Dr. Luis Arturo Soto González
Dr. Adolfo Gracia Gasca
Dr. Michel E. Hendrickx Reners
Dr. Arturo Ruiz Luna

Mazatlán, Sin., México de 2003

A

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

**PAGINACION
DISCONTINUA**

*Esta tesis se la dedico a mis padres:
Edith Vivar de Pérez y Tito Livio Pérez Ahuja,
por todos los dolores de cabeza que les di y les
daré al andar en el mar.*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al principio le tenía miedo, me enseñó a respetarlo y no temerle, me inspiró curiosidad por ese mundo azul-oscuro y frío, me dio de comer cuando tenía hambre, cuando más cansado estaba me transmitió su energía y me enseñó a luchar contra los grandes de mundo, en las noches me arrulló entre sus olas como a un hijo, en los intensos veranos calientes me refresco con su aliento, porque ha respetado mi vida más de una vez, con su manifestación de vida me embriago perdidamente, y porque es mi mejor amigo. Por eso vivo del mar, hacia el mar y para el mar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

Mi familia por el apoyo moral y económico que me brindaron. A la Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por brindarme la oportunidad de superarme. Al INP-CRIP-Mazatlán por prestarme los datos de camarón y apoyarme en la realización de la tesis. A la Unidad Académica Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Al Dr. Juan Madrid Vera por su comprensión y paciencia en la dirección de esta tesis y apoyo económico. A mis sinodales por sus valiosas observaciones. Al Dr. Cisneros Mata por su apoyo. Al Dr. Hugo Villaseñor por su valiosas observaciones sobre el manuscrito. A los Drs. Morales Bojorquez y Pedro Sierra por su asesoría. Al M. en C. Dario Chávez por su apoyo en el entendimiento de la situación de la pesquería del camarón. Al Ing. Pesq. Luis Esparza por enseñarme a calcular las áreas de barrido. Al Dr. José Salgado por las molestias causadas en las dudas y búsqueda bibliográfica. Al M. en C. Arturo Nuño por las consultas y amistad. Al M. en C. Efraín Barranco por su amistad y apoyo. Al Dr. William Jasso y familia por su apoyo para estudiar el posgrado, al creer en mí cuando nadie creyó. Al Dr. Martín Merino Ibarra por toda esa sabiduría que transmitió, por su paciencia, por el apoyo económico, por desafiarme con la finalidad de levantarme para seguir adelante y creer en mí, gracias amigo. A Carmita Jasso y familia que me abrió las puertas de su casa y depósito su confianza en mí. A el gran Chandez "Chief" quien me enseño a comprender el mar, navegar entre los arrecifes sin aparatos, e innumerables sabidurías que ninguna escuela le daría a uno, por todas sus enseñanzas de pesca y por su gran amistad, gracias amigo. A la Biol. Norma Estrada por haberme prestado su hombro para apoyarme, otras de las personas que creyeron en mí, gracias amiga. Agradezco al personal de posgrado por todas las molestias, en especial a Norma, Gaby y Margarita que son unas lindísimas personas. Agradezco a la Sr. Gina y familia por haberme aceptado en su casa en Mazatlán, lindísimas personas. A todos aquellos que me apoyaron incondicionalmente a la realización de este trabajo, que también es parte de ellos: al Lic. Germán Ramírez por el gran apoyo en centro de computo y por la confianza depositada en mí; al Lic. Carlos Suárez por el apoyo en computo, económico y moral; a la Lic. Clara Ramírez; al Lic. Pedro Allende, y a todo el personal de la biblioteca Dra. María Elena Caso Muñoz por su apoyo tan eficiente en la búsqueda de bibliografía, también por su amistad y compañerismo, así como su confianza que depositaron en mí. Al Ing. Castro por su ayuda. A mamá Natalia que con su carater alegra el peor día de tu vida. A todo el personal de la Unidad Académica del ICMYL y CRIP de Mazatlán que me apoyo, y que sus nombre se me escapan en estos mometos. Al Biol. Jesús "Chuy" que me invitó a pescar, cosa que me sirvió de sustento económico. Muchas gracias a todos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

D

Tabla de contenido

	Página
Resumen	vii
Abstract	viii
Introducción	1
Objetivos	4
Objetivo general.....	4
Objetivos particulares.....	4
Antecedentes	5
Área de estudio	17
Localización.....	17
Meteorología.....	18
a) Tipo de clima.....	18
b) Patrón de vientos.....	18
Fisiografía costera.....	18
a) Tipo de playas.....	22
b) Batimetría.....	22
Tipo de sedimentos.....	22
Oceanografía física.....	24
a) Salinidad.....	24
b) Temperatura.....	24
c) Masas de agua.....	24

Material y métodos	26
Trabajo de campo.....	26
Trabajo de gabinete.....	29
Resultados	37
Estadística descriptiva	37
Temperatura superficial del mar.....	39
Distribución del camarón blanco.....	43
Evaluación de la biomasa.....	55
Discusión	63
CPUE de camarón blanco de alta mar.....	63
Temperatura superficial del mar.....	63
Distribución vertical del camarón blanco.....	64
Relación entre TMSM y CPUE de camarón blanco.....	65
Distribución espacial y temporal del camarón blanco.....	67
Evaluación de la biomasa.....	68
Conclusiones	74
Bibliografía	76

Tablas

Tabla 1. Periodo de reproducción de los principales camarones peneidos de importancia comercial de Sinaloa (según Garduño-Argueta y Calderón Pérez 1994).....	10
Tabla 2. Tasas de crecimiento para <i>Litopenaeus vannamei</i>	10
Tabla 3. Parámetros poblacionales, su relación y significado.....	15
Tabla 4. Características de las masas de agua del golfo de California (Torres-Orozco 1993 en Lavín <i>et al.</i> 1997).....	25

Tabla 5. Fecha de muestreos en verano y números de lances de una hora de duración.....	28
Tabla 6. Estadística descriptiva para la CPUE por verano de camarón blanco.....	37
Tabla 7. Estadística descriptiva para la CPUE por zona de camarón blanco.....	37
Tabla 8. Estadística descriptiva para la CPUE por subzona de camarón blanco.....	37
Tabla 9. Estadística descriptiva para la CPUE (kg/h) por verano-anomalía de camarón blanco.....	38
Tabla 10. Estadística descriptiva de la CPUE media por temperatura.....	38
Tabla 11. Estadística descriptiva de la CPUE media de camarón blanco por profundidad.....	38
Tabla 12. Estadística descriptiva de la biomasa de camarón blanco estimada por el método de barrido para cada verano (media $\times 10^6$ kg).....	39
Tabla 13. Estadística descriptiva del número de individuos de camarón blanco estimada por el método de barrido.....	39
Tabla 14. Estadística descriptiva de la temperatura media superficial del mar (TSM) por verano.....	40
Tabla 15. Resultados de análisis de varianza arreglado de manera factorial, donde se analizó la variable dependiente CPUE de camarón blanco de alta mar, en función de los factores; tiempo (Año), espacio (Subzona), temperatura superficial del mar (Anomalía), y la interacción de dichos factores señalados por la combinación de números. La probabilidad de rechazo de las diferentes hipótesis nulas en negritas representan diferencia significativa entre las medias de CPUE.....	52
Tabla 16. Comparaciones múltiples para la CPUE por veranos, las celdas en negro son significativas con $P < 0.05$	54
Tabla 17. Comparaciones múltiples para la CPUE por subzona, las celdas en negro son significativas con $P < 0.05$	54
Tabla 18. Comparaciones múltiples para la CPUE por anomalía de la temperatura superficial del mar, las celdas en negro son significativas con $P < 0.05$	54
Tabla 19. Valores estimados para los parámetros poblacionales del camarón blanco. Capacidad de carga del medio (K), tasa intrínseca de crecimiento de la población (r), coeficiente de vulnerabilidad (q), la proporción de la biomasa respecto al tamaño virgen de la población (δ).....	56
Tabla 20. Interpretación de los parámetros poblacionales del camarón blanco calculados.....	60

Tabla 21. Tabla comparativa de parámetros poblacionales de diferentes especies de camarón y regiones, calculados por el ajuste del modelo estocástico de Schaefer, modificado por Hilborn y Walters (1992).....	68
Tabla 22. Parámetros poblaciones para diferentes especies de camarón.....	70
Tabla 23. Rendimiento máximo sostenible (RMS) para diferentes especies de camarón....	73

Figuras

Figura 1.- Mapa de la Republica Mexicana, donde se muestra la zonificación del Pacífico Mexicano por región de estudio de camarón, el número de identificación de las diferentes zonas, y el nombre de puntos de colindancias de las zonas 30, 40 y 60 que abarca este trabajo (Según Chávez-Herrera 2001).....	17
Figura 2. Mapa batimétrico del área de estudio, construido por triangulación simple. Las cruces representan las estaciones con profundidades > 50 m.....	23
Figura 3. Mapa del área de estudio y zonas de pesca de camarón. Los círculos negros representan la red de estaciones muestreadas cada verano.....	27
Figura 4. Temperatura media superficial del mar para cada verano, durante un período de 10 años. La línea recta representa la media de todo los datos de temperatura superficial del mar obtenidos durante el estudio (30.3 °C).....	40
Figura 5 Mapas de isotermas para verano. Nota: en este estudio no se consideraron los cuerpos de agua costeros.....	41
Figura 6. Continuación de los mapas de isotermas para verano. Nota: en este estudio no se consideraron los cuerpos de agua costeros.....	42
Figura 7. Distribución de la CPUE en función de la TMS; 31.6 °C ± 1.9°C es la temperatura superficial del mar óptima.....	43
Figura 8. Distribución batimétrica de la CPUE de camarón blanco. Los puntos representan las medias de los valores observados. La línea delgada continua representa los valores predichos y las líneas gruesas son los intervalos de confianza del 95% para el modelo. La profundidad óptima para un mejor rendimiento en la CPUE es de 14.5 m.....	44
Figura 9. Distribución de probabilidad normal de las CPUE medias por verano, los círculos las probabilidades observadas, la línea negra representa las probabilidades esperadas, las líneas punteadas, representa los límites de 95% de confianza.....	45
Figura 10. Mapas de distribución de la CPUE de camarón blanco para los veranos. Nota: no se consideraron los cuerpos de aguas costeros.....	46

Figura 11. Continuación de los mapas de distribución de la CPUE de camarón blanco para los veranos. Nota: no se consideraron los cuerpos de aguas costeros.....	48
Figura 12. Medias de CPUE a través del tiempo, las barras verticales representan \pm un error estándar.....	50
Figura 13. Medias de CPUE por subzonas (círculos); las barras representan \pm 1.96 veces la desviación estándar. Las subzonas están ordenadas de norte a sur.....	50
Figura 14. Medias de CPUE de camarón blanco respecto a la zona, ordenadas de norte a sur. Los círculos representan la media, y las barras verticales representa los límites del 95% de confianza. La zona 30 abarca desde Punta Ahome hasta el norte de Mazatlán (Cerritos), Sinaloa; la zona 40 abarca desde Cerritos, Sinaloa hasta la boca de Cuautla, Nayarit donde empieza la zona 60 hasta Punta Mita, Nayarit aproximadamente.....	51
Figura 15. . Medias de CPUE por anomalía de temperatura superficial del mar. El cuadro del centro es la media, el rectángulo es \pm 1.0 desviación estándar y las barras son \pm 1.96 la desviación estándar.....	51
Figura 16. Superficie de respuesta en dos dimensiones de la interacción de tiempo y espacio (verano de cada año y subzonas respectivamente) para la variable dependiente CPUE del camarón blanco. Las subzonas están ordenadas de norte a sur (31 a 62 respectivamente).....	53
Figura 17. Superficie de respuesta de la interacción de tiempo (verano de cada año) y anomalía de la temperatura superficial del mar en dos dimensiones para la variable dependiente CPUE del camarón blanco.....	53
Figura 18. Biomasa de camarón blanco calculada para cada verano. Estimada para el área de estudio por el método de área de barrido. Los puntos representan la biomasa media, las barras verticales representan el intervalo de confianza del 95%.....	55
Figura 19. Número de camarones de <i>Litopenaeus vannamei</i> para cada verano para el área de estudio.....	55
Figura 20. Superficie de respuesta del negativo del logaritmo natural de la verosimilitud (L) para los diferentes parámetros poblacionales del camarón blanco, con incertidumbre de proceso. A) Capacidad de carga K; B) Tasa intrínseca de crecimiento r; C) Coeficiente de vulnerabilidad y D) Coeficiente de proporcionalidad de la biomasa respecto a la virgen (δ). La línea delgada representa el negativo del logaritmo natural de la verosimilitud (L); la línea gruesa representa la probabilidad de una distribución $\chi^2_{1,0.05}$, de que sea X valor para algún parámetro.....	57
Figura 21. Superficie de respuesta del negativo del logaritmo natural de la verosimilitud, para los diferentes parámetros poblacionales del camarón blanco, con incertidumbre de observación. A) Capacidad de carga K; B) tasa intrínseca de crecimiento r y C) coeficiente de vulnerabilidad. La línea delgada representa el negativo del logaritmo de la verosimilitud; la línea gruesa representa la probabilidad de una distribución $\chi^2_{1,0.05}$	58

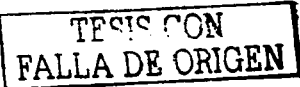


Figura 22. Respuesta del modelo estocástico de Schaefer con incertidumbre de observación. Los círculos son los valores observados; la línea delgada son los valores estimados; las líneas gruesas son los límites del intervalo del 95% de confianza.....	59
Figura 23. Respuesta del modelo estocástico de Schaefer con incertidumbre de proceso. Los círculos son los valores observados; la línea delgada son los valores estimados; las líneas gruesas son los límites del intervalo del 95% de confianza.....	59
Figura 24. Biomasa remanente del camarón blanco de alta mar estimada por diferentes métodos.....	61
Figura 25. Simulación de la pesquería de camarón blanco de alta mar considerando los parámetros estimados por incertidumbre de observación. Cuatro diferentes escenarios donde varía el esfuerzo (E) a la que se puede someter la población de camarón blanco. Los números de la serie de los datos observados representa el esfuerzo X 10^6 horas.....	62
Figura 26. Simulación de la pesquería de camarón blanco de alta mar considerando los parámetros estimados por incertidumbre de proceso. Cuatro diferentes escenarios donde varía el esfuerzo (E) a la que se puede someter la población de camarón blanco. Los números de la serie de los datos observados representa el esfuerzo X 10^6 horas.....	62
Figura 27. Diagrama de dispersión de las CPUE de camarón blanco de alta mar en relación con el esfuerzo pesquero.....	63

Pérez-Vivar, T. L. 2002. Dinámica poblacional del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit. Tesis de grado de maestría del ICMyl de la UNAM. 82 p.

Resumen

Se analizaron los datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de camarón blanco, la cual se utilizó como indicador relativo de la abundancia, para la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit. Dichos datos fueron obtenidos de los monitoreos de las poblaciones sometidas a pesca, por el programa de camarón del Instituto Nacional de Pesca. Los monitoreos se realizaron durante los veranos de 1992 al 2001. Con la finalidad de analizar la dinámica poblacional de camarón blanco y su relación con la temperatura superficial del mar y la profundidad; se caracterizó la distribución de *Litopennaeus vannamei* a través de los gradientes de temperatura y batimétrico; se comparó la densidad poblacional de *L. vannamei* en tiempo y espacio; por último se estimó la biomasa residente de camarón blanco. La temperatura superficial del mar óptima asociada a un mejor rendimiento en la CPUE fue de 31.6°C; con una CPUE media de 1.3 kg. La profundidad óptima a la que se registró un mejor rendimiento de la CPUE fue de 14.5 m; con una CPUE media de 1.5 kg h⁻¹ y su intervalo de confianza es acotado por los valores 3 y 32 m. Las interacciones entre tiempo-espacio, tiempo-anomalia de la temperatura superficial del mar, y tiempo-espacio-anomalia presentaron diferencias significativas respecto a la CPUE de camarón blanco. El tamaño de la población de camarón de alta mar de la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit, para el período de 1992-2001 disminuyó significativamente. La biomasa residente máxima de camarón blanco calculada por el método de área de barrido fue de 2,017 t en el verano de 1993, la mínima fue de 253 t para el verano de 2001. Los parámetros poblacionales de camarón blanco calculados por el ajuste del modelo estocástico de Schaefer por error de observación fueron: la capacidad de carga del medio $K = 4,646$ t, la tasa de crecimiento intrínseca $r = 0.69$, el coeficiente de capturabilidad $q = 6 \times 10^{-7}$; por error de proceso fueron: la $K = 6,505$, la $r = 0.75$ y el $q = 4 \times 10^{-7}$. Se concluye; a) la población de camarón blanco de alta mar de Sinaloa y Nayarit, está deteriorada, y la tendencia del tamaño de la población es a la disminución; b) el rendimiento óptimo de la CPUE esta asociada durante el verano con temperatura superficial del mar y profundidad; c) la CPUE media máxima de 1.5 kg h⁻¹ de camarón blanco fue registrada en la parte sur, que abarca desde el sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa a Río Verde, Nayarit; d) el esfuerzo para alcanzar rendimiento máximo sostenible estimado a partir de los parámetros del modelo de Schaefer (1954) fue sobre estimado por dicho método.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Pérez-Vivar, T. L. 2002. Population dynamic of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in continental shelf from Sinaloa and Nayarit. Thesis of grade of master in science from ICMyl from UNAM. 82 p.

Abstract

Analyzed data of catch per unit effort (CPUE) of white shrimp was used as an abundance relative index, in the continental shelves from Sinaloa and Nayarit. The data comes from shrimp populations surveys, by carried out the shrimp program of the National Fisheries Bureau. The survey were understates during the summer 1992 to 2001, with the purpose of analyzing the population dynamics of white shrimp and its relation with surface sea temperature and depth. The distribution of *Litopennaeus vannamei* was characterized through the temperature and bathymetric gradients; the population density was compared on time and space; finally, the white shrimp surplus biomass was estimated. The optimal surface sea temperature for the best yield in the CPUE was 31.6°C, with an average CPUE of 1,3 kg h⁻¹. The optimal depth for the best yield in CPUE was of 14,5 m, with a average CPUE of 1,5 kg h⁻¹, the confidence intervals are limited by the values between three and 32 m. The averages CPUEs of white shrimp were different (P< 0,05) for every summer, space and anomaly of surface sea temperature. The interactions time-space, time-anomaly of surface sea temperature-time-space, and time-space-anomaly presented significance differences respect to CPUE. The population size of shrimp in the continental shelves of Sinaloa and Nayarit, during the period 1992-2001 diminished significantly. The maximum surplus biomass of white shrimp calculated by the method of sweeping area was 2,017 t in the summer of 1993, the minimum was of 253 t for the summer 2001. The population parameters of white shrimp calculated by the adjustment of the Schaefer's stochastic model by observation error were: the maximum capacity of environmental K = 4,646 t, the intrinsic rate of growth r = 0.69, coefficient of capturability q = 6 X 10⁻⁷. By process error they were: K = 6,505, r = 0.75 and q = 4 X 10⁻⁷. To conclude: a) The population of white shrimp in Sinaloa and Nayarit, is deteriorated, and the tendency of population size is to diminish; b) the optimal yield according to CPUE is associated during summer with surface sea temperature and depth; c) the maximum CPUE of 1,5 kg h⁻¹ for white shrimp was recorded in the South, this includes from Huizache-Caimanero system (Sinaloa) to Verde river (Nayarit); d) the effort for reach sustainable maximum yields, estimated by Schaefer's model (1954), was overestimated by this method.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

“Dinámica poblacional del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit”

Introducción

El camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en su fase adulta forma parte del bentos de la plataforma continental entre 1 y 88 m de profundidad. Se distribuye desde Caleta La Cruz, Perú hasta el norte del golfo de California (Hendrickx 1986, 1995, 1996). Las poblaciones de camarón blanco representan un recurso renovable importante en el Pacífico mexicano, se explota industrialmente en el golfo de Tehuantepec y en el golfo de California (Chávez 1979; Rodríguez de la Cruz 1981; Reyna-Cabrera y Ramos-Cruz 1998; Domínguez-Flores 1999).

La pesquería de camarón en el Pacífico mexicano comprende nueve especies de las cuales cinco son las más importantes: *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900), *F. brevis* (Kingsley, 1878), *Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris* (Stimpson, 1871) y *L. occidentalis* (Streets, 1871) (Chávez 1979; Rodríguez de la Cruz 1981; Macías-Regalado *et al.* 1982).

La proporción de biomasa por especies de camarón para el Pacífico mexicano es variable y depende del lugar y de la época; el porcentaje de captura para *F. californiensis*, *L. vannamei* y *L. stylirostris* en Mazatlán, Sinaloa, en el año 1974 fueron: 46%, 29% y 24% respectivamente (Rodríguez de la Cruz 1981); en el año de 1999 las proporciones por especie cambiaron a: 46%, 12.69% y 26% respectivamente (Sierra-Rodríguez *et al.* 2000). Las producciones comerciales de las pesquerías en las lagunas costeras y las bahías del sur de Sinaloa, están constituidas en un 90% por el camarón blanco *L. vannamei* (Macías-Regalado *et al.* 1982; Poli y Calderón-Pérez 1987). Reyna-Cabrera y Ramos-Cruz (1998) infieren que la captura comercial de camarón de alta mar en el golfo de Tehuantepec puede llegar a estar representada en un 90% por *F. californiensis* y *L. vannamei*.

En la última década la producción pesquera de camarón blanco de alta mar ha disminuido en el litoral de Sinaloa y Nayarit (Chávez-Herrera 2001). La proporción de biomasa con respecto a otras especies de camarón varió entre el 30 y 60% en el año de 1992; para el año 2001 se registró una proporción de 15% en la misma zona (Chávez-Herrera 2001). No existen estudios que aborden las causas de la disminución en la producción pesquera del camarón blanco. Es posible que dicha disminución de camarón blanco se deba a diferentes perturbaciones de origen antropogénico, en especial las actividades relacionadas con la pesca y contaminación por aguas de desechos agroindustriales. Otro tipo de perturbaciones de origen natural que posiblemente influye en la dinámica poblacional del camarón blanco son los fenómenos de Oscilación del Sur/El Niño y su contraparte La Niña, que incrementan o disminuyen la temperatura del agua de mar respectivamente en el área de estudio (Hamman *et al.* 1995).

Desde la perspectiva de evaluación de recursos pesqueros, se utilizan modelos simples que se enfocan en la biomasa de la población sometida a pesca, estos modelos son llamados modelos de biomasa dinámica o producción excedente (Hilborn y Walters 1992). Dichos modelos se pueden abordar desde cuatro perspectivas: a) estructura de edad, b) dinámica de la flota pesquera, c) interacciones con otras especies y el ambiente, y d) representación espacial de la estructura de edad de la población (Hilborn y Walters 1992). Para calcular los parámetros de dichos modelos es necesario tener series de datos de varios años, los costos de operación para obtener los datos de campo son muy costoso, por lo que solo algunas instituciones en México realizan monitoreo periódicos de recursos pesqueros. En especial el recurso camarón lo monitorea el Instituto Nacional de la Pesca. Sin embargo, son pocos los estudios sobre camarón adulto de alta mar en los que se analiza la población en un período de tiempo largo que permita evaluar la tendencia de la producción de camarón, las oscilaciones de la población de camarón y los efectos de los factores ambientales.

En este trabajo, se plantea analizar la dinámica poblacional del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* y su relación con la temperatura superficial del mar en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit, a partir de muestreos realizados cada verano a finales de la temporada de veda, durante el período que comprende los años de 1992-2001.

Por otro lado se aplicó el modelo dinámico de Schaefer (1954), con la finalidad de estimar los parámetros poblacionales de camarón blanco como son: tasa de crecimiento intrínseco, tamaño virgen de la población sometida a pesca o capacidad de carga del medio y coeficiente de vulnerabilidad, los cuales indican el estado del recurso y su tendencia. Con dichos parámetros se puede calcular el esfuerzo pequero óptimo a que puede someterse la población de camarón blanco (Hilborn y Walters 1992).

La distribución de camarón blanco, así como su dinámica poblacional puede ser un reflejo de condición ambiental. El término condición se define como un factor abiótico que varía en el espacio y en el tiempo, y al que los organismos responden de modo distinto, ejemplos; temperatura, pH, salinidad, velocidad de corriente, etc. Idealmente, para determinada especie se podría definir un nivel óptimo de condición, en el que se desarrolla mejor y para cuyos valores superior e inferior muestran un descenso en la actividad biológica. Las condiciones óptimas son aquellas bajo las cuales los individuos de la especie dejan más descendientes, esto es difícil de evaluar en campo, por lo que se miden indicadores como son: la tasa de crecimiento, la reproducción, la tasa de respiración, la tasa de sobrevivencia o mortalidad y la abundancia. La curva de respuesta a una condición puede tomar varias formas; sesgada, simétrica, ancha o estrecha, esta depende del factor abiótico y de la especie (Begon *et al.* 1995).

En este trabajo se estudió el camarón peneido *Litopenaeus vannamei* y la relación entre el factor abiótico temperatura superficial de mar y la captura por

unidad de esfuerzo (CPUE expresado en kg/h) de dicha especie. En general los camarones peneidos son organismos poiquiloterms, lo cual significa que presentan una temperatura igual al agua que los rodea (Dall *et al.* 1990). Considerando esta característica existe una temperatura preferencial en la que sus funciones biológicas son óptimas en los camarones Penaeidae (Arosamena 1976; Edwards 1977; Núñez-Pasten 1988; Flores-Campaña 1986; Dall *et al.* 1990; Ponce-Palafox *et al.* 1997). Sin embargo, la temperatura del agua del mar fluctúa en el tiempo y en el espacio (Soto-Mardones *et al.* 1999), con la finalidad de conocer más sobre la posible relación entre la abundancia de camarón blanco y la temperatura superficial del mar se plantean las siguiente hipótesis de trabajo. Las CPUE de camarón blanco responden diferencialmente espacio-temporalmente en conjunto con los factores temperatura superficial del mar en verano y esfuerzo pesquero.

Sin duda, las respuestas que se den a las hipótesis planteadas anteriormente, contribuyen en el conocimiento del camarón blanco. Este trabajo formó parte del Programa de Camarón del Instituto Nacional de la Pesca, para actualizar el conocimiento de la dinámica poblacional del camarón blanco, pues es una herramienta en la administración de dicho recurso renovable que ayuda en el planteamiento de nuevas perspectivas de manejo.

WCO PISCICULTURA
RECIBIDA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Objetivos

Objetivo general

- Analizar la dinámica poblacional de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* y su relación con la temperatura superficial del mar en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit en el periodo 1992-2001.

Objetivos particulares

- Caracterizar la distribución del camarón blanco *L. vannamei* a través de los gradientes de temperatura y batimétrico.
- Comparar la densidad poblacional de *L. vannamei* en tiempo y espacio.
- Estimar la biomasa residente de camarón blanco.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Antecedentes

Los trabajos realizados respecto al camarón hasta la fecha, que puedan servir de antecedente, pueden ser organizados en cuatro temas: descripción del camarón blanco, biología de camarón blanco, diagnosis de la pesquería de camarón y marco teórico de evaluación de poblaciones sometidas a pesca.

En cuanto a la descripción de camarón blanco, podemos empezar por definir los camarones de la familia Penaeidae, que son organismos marinos con un cuerpo comprimido lateralmente compuesto por tres partes; el cefalotórax, el abdomen y el telson, las cuales están cubiertas por una cutícula quitinosa llamada exoesqueleto. El cefalotórax es la cabeza (céfalo) unida al pecho (tórax) y presentan apéndices unidos al céfalo y tórax. El céfalo esta conformado por un caparazón, un par de ojos compuestos pedunculados, un par de antenas largas y anténulas, una proyección aguda situada en la parte anterior del caparazón llamada rostrum (Bliss 1983; Hendrickx 2001). La cavidad bucal se sitúa por debajo, adelante y hacia atrás del cefalotórax, en esta se encuentran las mandíbulas, las primeras maxilas (maxilulas), y las segundas maxilas (Hendrickx 1996).

Los ojos están compuestos por una córnea pigmentada bien desarrollada de forma esférica terminal, soportada por una estructura en forma de copa llamada cesto óptico. El ojo compuesto está unido a un pedúnculo formado de varias barras de esqueleto rígidas separadas por una cutícula flexible y delgada. El pedúnculo a su vez es articulado por una placa ocular media (Zariquiey 1968; Dall *et al.* 1990; Hendrickx 1996).

Las anténulas son el primer par de antenas. La estructura de la anténula está conformada por dos flagelos (uno interno y otro externo) y tres artejos. El artejo basal presenta una cuenca para el ojo, la cual esta cubierta por setas, en el margen externo de dicha cuenca esta formado por el estilocerito que presenta forma de estilete de ahí su nombre, dicho artejo también tiene una prosartema que es una especie de ceja falsa en el margen interno, y en la base del primer artejo se encuentran alojados los órganos del equilibrio (estatocistos), en una cavidad llena de un fluido vesicular llamada estatocisto (Zariquiey 1968; Dall *et al.* 1990; Hendrickx 1996).

Las antenas son propiamente el segundo par de antenas. Cada antena esta formada por cinco artejos y un flagelo multiarticulado. Los artejos de la antena son el carpocerito basal y el basicerito distal que presenta dos estructuras: el escafocerito que es una escama foliácea antenular y el endopodito que está constituido por tres segmentos (Zariquiey 1968; Dall *et al.* 1990; Hendrickx 1996).

El tórax se encuentra unido por la parte ventral al céfalo, y presenta: los primeros tres apéndices modificados para alimentarse llamados maxilípedos y cinco pares de apéndices delgados que sirven para locomoción llamados periópodos, los tres primeros pares de periópodos están modificados en el

extremo terminal en forma de pinzas. En las hembras, en la base del quinto par de patas se encuentra localizado un receptáculo externo llamado télico, que es el órgano reproductor femenino (Bliss 1983; Hendrickx 1996, 2001). Los periópodos están conformados por un exopodito y un endopodito. El endopodito está compuesto por siete artejos que son: coxopodito, basipodito, isquiopodito, meropodito, carpopodito, propodito y dactilopodito. Los artejos coxopodito y basipodito conforman una estructura llamada simpodito; los artejos: isquiopodito, meropodito, carpopodito, propodito y dactilopodito constituyen el endopodito (Hendrickx 1996).

El abdomen está dividido en seis segmentos llamados somitas, cada somita presenta un par de pleópodos, que son apéndices abdominales modificados para nadar y respirar (Hendrickx 1996). En el caso del macho, los endopoditos del primer par de pleópodos están modificados, los camarones inmaduros presentan los endopoditos separados con forma aplanada y alargada, cuando los camarones son maduros los endopoditos se unen por medio de setas con forma de gancho que es el petasma (órgano reproductor masculino) y tiene forma tubular parecida a una vaina (Dall *et al.* 1990; Hendrickx 1996). En los camarones machos también presentan modificados los endopoditos del segundo par de pleópodos que reciben el nombre de apéndices reproductores masculinos, y son característicos de cada especie de camarón peneido. El petasma en conjunto con los apéndices reproductores masculinos conducen los espermatozoides durante la copulación a la hembra (Dall *et al.* 1990).

Las hembras de camarones peneidos presentan un receptáculo seminal llamado télico (órgano reproductor femenino), el cual consiste en la modificación de las placas del esternón del séptimo y octavo somita torácico. Los detalles de las estructuras son únicos para cada especie y son utilizados para la identificación de la especie (Dall *et al.* 1990). Por último tenemos el telson que está en el extremo terminal del abdomen, está compuesto por apéndices extendidos y aplanados llamados urópodos asociados a la natación (Hendrickx 2001).

Con base en las características mencionadas en los párrafos anteriores, los camarones de la familia Penaeidae se clasifican dentro de las siguientes categorías jerárquicas según Martin y Davis (2001):

Phylum: Arthropoda
Subphylum: Crustacea Brünnich, 1772
Clase: Malacostraca Latreille, 1802
Subclase: Eumalacostraca Grobben, 1892
Superorden: Eucarida Calman, 1904
Orden: Decapoda Latreille, 1802
Superfamilia: Penaeoidea Rafinesque, 1815
Familia: Penaeidae Rafinesque, 1815

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La especie de camarón *Litopenaeus vannamei* pertenece a la familia Penaeidae es el objeto de este estudio, dicha especie presenta las siguientes características morfológicas: en el rostro presenta de 1 a 2 dientes ventrales y de 8 a 9 dientes dorsales; la ranura y carina adrostrales cortas, terminándose al nivel del diente epigástrico. No presenta carina gastro-frontal entre la órbita y la espina hepática; el petasma presenta un borde libre del lóbulo lateral elipsoidal y rebasando largamente el lóbulo medial en vista lateral; télico presentado, presentado en la parte exterior del esternito XIV, dos prominencias oblicuas, proyectadas hacia el interior y en forma de pequeños lóbulos (Hendrickx 1996).

Otros trabajos sobre taxonomía de camarones del golfo de California los cuales abordan; la problemática de describir las principales características para identificar las diferentes especies de camarones de la familia Penaeidae en fase de postlarva (Calderón *et al.* 1989), y la actualización de la clasificación taxonómica, sinonimias, distribución, zoogeografía y claves de identificación ilustradas de camarones (Hendrickx 1995, 1996; Hendrickx y Estrada-Navarrete 1996).

En cuanto a la biología de camarón blanco primero hablaremos del ciclo de vida de los camarones Penaeidae. Dicho ciclo presenta una secuencia de desarrollo similar entre las diferentes especies. En general dicho desarrollo empieza con un huevo, luego sigue la larva planctónica que incluye varias fases: nauplio, protozoa, mysis y postlarvas (Dall *et al.* 1990). En el caso del camarón blanco empieza su vida en alta mar donde los adultos desovan, unas cuantas horas después los huevos eclosionan y liberan las larvas planctónicas, estas últimas sufren metamorfosis al pasar por: cinco estadios nauplios, tres estadios protozoas y tres estadios mysis. Cuando se encuentran en fase de postlarva, entran a los cuerpos de agua costeros y bahías donde permanece de tres a cuatro meses, durante este tiempo crecen y maduran sexualmente, posteriormente los camarones adultos se reclutan a la población reproductora en alta mar donde permanece el resto de su vida (Calderón-Pérez 1977; Hendrickx 1995; Rodríguez de la Cruz y Chávez-Ortiz 1996).

En general los camarones marinos habitan en la plataforma continental y en los cuerpos de agua costeros, aunque se han encontrado en la zona abisal a 5,700 m de profundidad (Hendrickx 1995). Esta distribución vertical característica de dichos organismos explica por que su extracción a escala industrial se realiza en la plataforma continental, a profundidades inferiores a los 100 m, tal es el caso de la pesquería de camarón en el Pacífico mexicano (Chávez 1979; Rodríguez de la Cruz 1981).

En cuanto al hábitat de los camarones, la mayoría son bentónicos en su fase adulta y habitan sobre fondos rocosos, arenosos, fangosos y ricos en sedimentos de origen biogénico (Hendrickx 1995). Otros camarones viven en los arrecifes de coral, en las esponjas y en los moluscos como comensales (Hendrickx 1995), también existen camarones pelágicos aunque algunos de ellos presentan fases bentónicas (Hendrickx y Estrada-Navarrete 1994, 1996).

En la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit, se explotan cinco especies de camarones con fines comerciales. Cuya distribución batimétrica es diferente según la especie: *Farfantepenaeus brevisrostris*, 21-183 m; *F. californiensis*, 2-180 m; *Litopenaeus stylirostris*, 1-45 m; *L. vannamei*, 0.1-72 m y *Xiphopenaeus riveti* (Bouvier, 1907) 0.1-70 m (Hendrickx 1986, 2001; Chávez-Herrera 2001).

El camarón blanco *L. vannamei* se distribuye latitudinalmente desde Yávaros, Sonora, dentro del golfo de California hasta Caleta La Cruz, en Perú (Hendrickx 2001). Las postlarvas y juveniles de dicha especie de camarón habitan en las lagunas costeras, sobre los fondos arcillosos, arenosos y en la vegetación halófila (de la Lanza *et al.* 1986). La distribución y la abundancia del camarón blanco de alta mar para el litoral de Nayarit varían en el tiempo; se ha registrado diferentes proporciones en la captura de dicha especie con respecto a las otras especies de camarón: para la temporada de pesca 1990-1991, el porcentaje de la captura fue de 16.2%, la siguiente temporada aumento a 25.9% y alcanzó un 39.5% en la temporada 1993-1994 (Dominguez-Flores 1999). En este mismo trabajo el autor afirma que en el intervalo de profundidad entre 19 y 54 m se obtienen los mejores rendimientos en captura para *L. vannamei*.

El estudio más reciente sobre la distribución y abundancia de camarón fue el de Chávez-Herrera (2001), que encontró para el periodo 1992-2000 el porcentaje de biomasa por especie de camarón en alta mar, para el litoral de Sinaloa y Nayarit fue: para *F. californiensis* (49.9%), *L. stylirostris* (33.1%), *L. vannamei* (15.7%) y *F. brevisrostris* (1.3%). También encontró diferencias espaciales en los porcentajes de biomasa de *L. vannamei*; 29.8%, 7.8 % y 63.4% en el centro-norte y sur de Sinaloa, y Nayarit, respectivamente. Este mismo autor concluyó que el camarón blanco presenta una correlación negativa respecto a la profundidad y una correlación positiva con la temperatura superficial del mar (Chávez-Herrera 2001).

En la distribución y abundancia de los camarones influyen algunos factores físicos como son; la temperatura, la salinidad y oxígeno disuelto, que a continuación hablaremos de estos. Los crustáceos en general son poiquilotérmicos (sangre fría), debido a esta característica, los camarones tienen la misma temperatura del agua con que están en contacto. Los procesos bioquímicos son dependientes de la temperatura, así que los cambios térmicos del ambiente repercuten en la tasa metabólica de los camarones. En general las temperaturas de agua < 5°C son letales para los camarones peneidos, temperaturas de agua > 34 °C son letales para peneidos juveniles (Dall *et al.* 1990; Salvato *et al.* 2001). En un experimento de laboratorio con juveniles de *L. vannamei*, demostraron que el intervalo de temperatura óptima para una mejor tasa de crecimiento va desde 28 a 30°C (Ponce-Palafox *et al.* 1997).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La salinidad es un factor importante en los mecanismos de migración de las postlarvas de camarones peneidos. Los gradientes horizontales de salinidad más marcados se encuentran generalmente en las zonas estuarinas o frente a la costa en áreas de descargas de ríos. Quizá estos gradientes de salinidad ayuden a orientarse a las postlarvas para moverse hacia las áreas de crianza (Mair 1980; Calderón-Pérez y Poli 1987; Poli y Calderón-Pérez 1987). Los peneidos habitan en un intervalo de salinidad desde 15 a 50 ups, aunque la tolerancia a intervalos extremos de salinidad sea más restringida en adultos que en los juveniles y en las larvas. Pero la salinidad óptima es específica para cada especie de camarón (Dall *et al* 1990; Salvato *et al.* 2001).

Un trabajo experimental con tanques con agua de mar a diferentes salinidades, demostró que las postlarvas de las cuatro especies de camarón de importancia comercial del golfo de California, tienen un intervalo de salinidad preferencial, *Farfantepenaeus californiensis* entre 9-26 ups; *F. brevis* entre 15-22 ups; *Litopenaeus stylirostris* entre 32-35 ups; y *L. vannamei* de 1-8 ups (Mair 1980). Otros estudios en campo sobre los mecanismos de migración de postlarvas de dichas especies revelan que las postlarvas son transportadas por procesos costeros como son; transporte litoral y de Ekman, que son un resultado de cambios de marea y movimientos de masa de agua por efecto de vientos, y el gradiente de salinidad sirve de orientación solo en temporadas de lluvias (Poli y Calderón-Pérez 1987; Calderón-Pérez y Poli 1987). Sin embargo, se ha encontrado recientemente que los juveniles de *L. vannamei* presentan la mayor tasa de crecimiento y la menor mortalidad entre 33-40 ups (Ponce-Palafox *et al.* 1997).

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar es otro factor que influye en el comportamiento y distribución de los camarones peneidos. Dichos organismos evitan aguas hipóxicas (< 2 ml/l de oxígeno disuelto). La información disponible indica que la concentración mínima aceptable es de 3.5 ml/l y es probable que un camarón de ambientes costeros no sobreviva más de 24 h con una concentración de 2 ml/l. La abundancia de algunas especies de camarones peneidos presenta una correlación positiva con la concentración de oxígeno disuelto en agua de mar, tal es el caso de *F. aztecus* y *L. setiferus* (Dall *et al.* 1990), aunque se ha demostrado en laboratorio que *L. setiferus* dentro de un intervalo de 4-5.8 ml/l de oxígeno disuelto es oxireguladora y entre 3-2 ml/l es oxiconformadora (Rosas *et al.* 1999). En cultivo *L. vannamei* se ha demostrado que tolera una concentración mínima de 1.98 ml/l de oxígeno disuelto, con un porcentaje de sobrevivencia del 53 % (Martínez-Córdova *et al.* 1997).

Otro aspecto importante de la biología de los camarones es el proceso de la reproducción por el cual se perpetúan las poblaciones, es por eso que el establecimiento de los períodos de veda en la pesquería de camarones depende de la reproducción según la especie. Los períodos de reproducción de los camarones peneidos son diferentes dependiendo de la especie y pueden presentarse varios períodos en un año. Tal es el caso para las especies de camarón de importancia comercial que habitan en el sur de Sinaloa (Tabla 1).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 1. Períodos de reproducción de los principales camarones peneidos de importancia comercial de Sinaloa (según Garduño-Argueta y Calderón Pérez 1994).

Especie	Periodo en que se presentan hembras maduras
<i>Litopenaeus vannamei</i>	Marzo a septiembre
<i>L. stylirostris</i>	Enero a septiembre
<i>Farfantepenaeus californiensis</i>	Todo el año
<i>F. brevisrostris</i>	Todo el año

El crecimiento de los camarones es otro aspecto biológico que mencionaremos brevemente. Dicho aspecto está relacionado con la dinámica poblacional cuando esta se estudia desde el punto de vista de estructuras de tallas. La longitud máxima observada es de 219 mm, la longitud infinita estimada es de 226 mm (Reyna-Cabrera y Ramos Cruz 1998). En la Tabla 2 se presentan las tasas de crecimiento calculadas en el caso del camarón blanco en diferentes condiciones.

Tabla 2. Tasas de crecimiento para *Litopenaeus vannamei*.

Lugar	Tasa de crecimiento K (mm d⁻¹)	Fuentes (s)
Huizache-Caimanero, Sinaloa	1.050	(Sepúlveda 1976)
Encierros en Charcas, Huizache-Caimanero, Sinaloa	1.100	(Edwards 1977; Flores-Campaña 1986; Núñez-Pasten 1988)
Golfo de Tehuantepec	0.226	(Chávez 1979)
Laguna Mar Muerto, Oaxaca	0.640	(Ramos-Cruz 2000)

La mortalidad es un aspecto biológico que esta estrechamente relacionada con la dinámica poblacional. En el modelo de Schaefer empleado en este trabajo, la mortalidad está implícita en el coeficiente de vulnerabilidad de la población (q) y la tasa de decrecimiento denso dependiente de la población, que en el capítulo de material y métodos hablaremos. La disminución del número de organismos es el resultado de la mortalidad y es definido matemáticamente por la ecuación $N_t = N_0 e^{-Zt}$, donde N_t es el número de organismos en un tiempo t , N_0 es el número inicial de organismos, Z es la tasa de mortalidad y t el tiempo. La mortalidad como parámetro poblacional es importante para el cálculo del tamaño de la población. Este parámetro tiene dos componentes: mortalidad por pesca (F) y mortalidad natural (M). La mortalidad total (Z) es la suma de las dos anteriores (Sparre *et al.* 1989).

Se han realizado diferentes trabajos para la determinación de la mortalidad del camarón blanco los cuales reportan los siguientes resultados: mortalidad por pesca anual 0.32 (Rodríguez de la Cruz 1981) y 0.28 (Jacquemin 1976); mortalidad natural anual 0.21 (Rodríguez de la Cruz 1981) y 0.10 (Jacquemin 1976); y mortalidad total anual 0.32 (Jacquemin 1976). La mortalidad natural anual observada para la misma especie en el sistema lagunar el Huizache-Caimanero fue entre 0.12 y 0.31 por peso (Blake y Menz 1980).

Hasta aquí hemos hablado de la descripción de camarón blanco y algunos aspectos de su biología relacionados con la dinámica poblacional. Ahora abordaremos algunos aspectos de la diagnosis de la pesquería de camarón, como los son: la composición específica del recurso renovable camarón, producción histórica y estado actual de la pesquería de camarón blanco.

El grupo de los camarones representa uno de los recursos renovables más importantes y diversos en el ámbito mundial. El grupo está compuesto por 2,500 especies descritas; 343 de éstas son de importancia económica y de éstas 100 especies representan una producción anual que alcanza la cifra de 2'713,450 toneladas (Holthuis 1980; Hendrickx 1995; FAO 2000).

En el Caribe y el golfo de México cinco especies de camarón son las de mayor importancia comercial: *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939), *F. aztecus* (Ives, 1891), *F. brasiliensis* (Latreille, 1817), *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) y *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), dichas especies representan una producción pesquera anual de 21,541 t (Álvarez *et al.* 1987; Gracia 1989, 1989a; Gracia y Soto 1990; Navarrete y Gracia 1996).

En el Pacífico Este tropical (desde México hasta el norte de Perú), se han encontrado 16 especies de la familia Penaeidae (Wicksten y Hendrickx 1992). En el Pacífico mexicano encontramos 15 especies de Penaeidae de las cuales cinco son las más importantes comercialmente: *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900), *F. brevivirostris* (Kingsley, 1878), *L. vannamei*, *L. stylirostris* (Stimpson, 1871) y *L. occidentalis* (Streets, 1871) (Chávez 1979; Rodríguez de la Cruz 1981; Macías-Regalado *et al.* 1982; Hendrickx 2001). La producción pesquera anual de camarón en el Pacífico mexicano es de 60,499 t (Sierra-Rodríguez *et al.* 2000).

En las costas de Sinaloa se conocen 13 especies de camarón de la superfamilia Penaeoidea, las cuales son: *F. californiensis*, *F. brevivirostris*, *L. vannamei*, *L. stylirostris*, *Rimapenaeus pacificus* (Burkenroad, 1934), *Xiphopenaeus riveti* (Bouvier, 1970), *Sicyonia disewardsi* (Burkenroad, 1934), *S. ingentis* (Burkenroad, 1938), *S. disdorsalis* (Burkenroad, 1934), *S. martin* (Pérez-Farfante y Boothe, 1981), *S. picta* Faxon, 1983, *S. aliaffinis* (Burkenroad, 1934), *Solenocera florea* (Burkenroad, 1938) y *S. mutator* (Burkenroad, 1938) (Hendrickx 1986). Un estudio posterior del mismo autor, incrementa el número de especies de camarones penaeidos registrados a 19, comentando que estas representan el 86% de la fauna conocida para el golfo de California (Hendrickx 1993).

La producción histórica de camarón en el golfo de California ha presentado dos máximos históricos; en 1962 se capturaron aproximadamente 62,000 t después la producción disminuyó alrededor de 32,000 t (Rodríguez de la Cruz 1981) y en 1982 se pescaron 78,570 t (Sierra-Rodríguez *et al.* 2000). En la actualidad la producción pesquera anual de camarón en el golfo de California a decrecido a 27,369 t (SEMARNAP 2000; Sierra-Rodríguez *et al.* 2000). En el litoral de Sinaloa en la actualidad se capturan alrededor de 11,000 t de camarón, de las

cuales 4,959 son de la flota de alta mar y 6,050 de pesca ribereña, lo cual representa el 45% y 55% respectivamente (Sierra-Rodríguez *et al.* 2000). De estas 11,000 t de camarón; el 40% es de camarón azul, el 33% de camarón café y el 27% es camarón blanco, en promedio para el período 1988-1999 (Sierra-Rodríguez *et al.* 2000). En la actualidad la producción pesquera de camarón blanco por la flota de alta mar en Sinaloa fluctúa alrededor de 1,000 t (Sierra-Rodríguez *et al.* 2000).

El análisis histórico de la pesquería del camarón blanco en el golfo de Tehuantepec también marca una tendencia de disminución en la producción, en el período que comprende los años 1959-1995, las fluctuaciones en la producción para este mismo período no presentaron una relación con el esfuerzo pesquero aplicado, lo cual sugiere que estas fluctuaciones en la tasa de reclutamiento se deban a variaciones del clima (Reyna-Cabrera y Ramos-Cruz 1998). En 1994 se capturaron 3,000 t de camarón blanco, en la actualidad se pescan 1,500 t (Sierra-Rodríguez 2000).

Debido a su importancia económica y al desarrollo histórico de la pesquería del recurso camarón, diversos investigadores se han esforzado por explicar la dinámica poblacional de dicho recurso. Entre los primeros estudios de camarón para este mismo período no presentaron una relación con el esfuerzo pesquero podemos destacar los siguientes: Barrera-Huerta (1976), encontró que las de tallas de captura para *Litopenaeus vannamei* varió entre 30 y 140 mm, con modas de 45, 65, 75, 95 y 100 mm, en las lagunas Oriental y Occidental y marismas en Oaxaca para la temporada de 1973. Sin embargo, el mismo autor encontró que la moda de tallas disminuyó para la temporada 1975, las cuales fueron: 50, 60 y 65 mm.

Cruz-Romero y Reyna-Cruz (1976) calcularon los parámetros poblacionales tal como; un coeficiente de capturabilidad (q) igual a 4.47×10^{-5} , la tasa de sobrevivencia varió entre 0.66, mortalidad total igual a 0.34, una mortalidad natural de 0.26, una mortalidad por pesca de 0.17, una tasa de reclutamiento igual a 0.83, un coeficiente de reclutamiento de 0.69 y un número de individuos capturable igual a 9×10^6 para la población de camarón blanco de alta mar de Salina Cruz en la temporada 1973-1974.

Para la población de alta mar en Mazatlán, Sinaloa, en la temporada 1969-1970, Jacquemin (1976) obtuvo valores entre 0.23 y 0.49 para la mortalidad total, y un número inicial de individuos mínimo, medio y máximo de 20×10^6 , 40×10^6 y 75×10^6 , respectivamente. Luch (1976) hace una evaluación de la aplicación de modelos poblacionales y pesqueros al camarón, llegando a las siguientes conclusiones; para los modelos pesqueros se presenta una problemática grave, que consiste en que las poblaciones responden a los factores ambientales, la tasa de crecimiento es alta y el tiempo de vida es corto, lo cual hace que los reservorios de reproductores se reemplacen en una generación. Otro estudio relacionado con pesquería de camarón blanco pero en el Pacífico sur es el de D'Croz y colaboradores (1979) que calcularon un rendimiento máximo sostenible de 6,645

toneladas de camarón blanco sin cabeza para el periodo 1972-1975, para el golfo de Panamá.

Evaluaciones más recientes de las pesquerías de camarón tenemos a Rodríguez de la Cruz y Chávez-Ortiz (1996) evaluaron la pesquería del camarón en alta mar del Pacífico mexicano, por medio del modelo de equilibrio de Schaefer obteniendo; un rendimiento máximo sostenible entre 39,000 y 24,000 toneladas de camarón entero; con el modelo de Fox, la captura máxima sostenible calculada fue entre 24,600 y 24,200.

Otros trabajos realizados en el litoral de Sinaloa que abarcan diferentes aspectos del camarón en la fase de postlarva, con la finalidad de explicar el proceso de reclutamiento, podemos mencionar: el análisis del efecto de diversos factores físicos sobre la inmigración (Calderón-Pérez 1977); el análisis de la frecuencia de tallas de inmigración al sistema lagunar Huizache-Caimanero para las diferentes especies de camarón (Macías-Regalado y Calderón-Pérez 1979); la evaluación del efecto de los "Tapos" sobre la inmigración (Macías-Regalado y Calderón-Pérez 1980); la observación de variación diurna (Macías-Regalado *et al.* 1982); el estudio de los patrones de inmigración (Poli 1983); el análisis del efecto de los cambios hidrológicos sobre la inmigración y los mecanismos de inmigración (Poli y Calderón-Pérez 1987; Calderón-Pérez y Poli 1987); la evaluación del efecto del Niño (Solís-Ibarra 1994); la caracterización de la distribución y abundancia en la plataforma continental (Escalante-Escobar 2001).

Además, se han realizado diferentes trabajos que estudiaron el camarón en la fase adulta en el litoral del Pacífico Mexicano, con base en el lugar donde se realizaron dichos estudio, los podemos dividir en dos grupos; sistemas costeros y alta mar. En cuanto a los sistemas costeros podemos citar: la diagnosis de la pesquería de camarón en las albuferas del golfo Tehuantepec (Chávez 1979); las determinaciones de las tasas de mortalidad y de crecimiento de camarón blanco en las pozas naturales del sistema lagunar el Huizache-Caimanero (Blake y Menz 1980; Menz y Blake 1980); la caracterización de los hábitos alimenticios de camarón (Arosamena 1976; de la Lanza *et al.* 1986); el estudio de la biología pesquera del camarón y su relación con diversos factores ambientales (la temperatura, la salinidad, la precipitación pluvial, las mareas, las corrientes de marea y los gastos de ríos) en el sistema lagunar Huizache-Caimanero (del Valle 1989); la determinación de la concentración de pesticidas en los tejidos de camarón (Galindo *et al.* 1996;1999); la evaluación del impacto ambiental sobre las zonas de crianza del camarón (Páez-Ozuna *et al.* 1997; 1998; 1999; Páez-Ozuna 2001).

Por último hablaremos del marco teórico sobre la dinámica poblacional. Empezaremos por definir la dinámica poblacional, que es el cambio del número de organismos a través del tiempo, así lo define Pierre Verhulsts (1838). El análisis de la dinámica de una población nos permite hacer predicciones sobre nacimientos, crecimiento y migración (Hilborn y Walters 1992), así que una población sometida a pesca puede tener tres tipos de comportamiento: estable, inestable o cíclica.

Para predecir la producción pesquera de acuerdo con el tamaño de la población se han planteado una serie de modelos que a continuación mencionaremos.

Los cambios en la biomasa de una población a través del tiempo pueden ser expresados de la siguiente forma:

$$\text{Biomasa futura} = \text{última biomasa} + \text{reclutamiento} + \text{crecimiento} - \text{captura} - \text{mortalidad natural}$$

En esta relación se asume que la tasa de migración e inmigración son iguales, por eso se desprecian, así las únicas fuentes de incremento de la población son: el reclutamiento por los nuevos individuos que nacen y el crecimiento que es la ganancia obtenida en peso. En contraste las dos fuentes de pérdida son: la captura por pesca y la mortalidad natural que incluye la depredación. Sin pesca y uniendo los términos reclutamiento y crecimiento en uno llamado producción, se puede reducir la expresión anterior a:

$$\text{Biomasa futura} = \text{última biomasa} + \text{producción} - \text{mortalidad natural}$$

Si la producción es mayor que la mortalidad natural la población crece, de lo contrario decrecería la población. De este modelo conceptual surge el término de producción excedente que representa la diferencia entre la producción y la mortalidad natural. La producción excedente representa la cantidad de biomasa que se incrementaría en ausencia de pesca. La producción excedente en función de la biomasa poblacional se describe en forma de parábola con origen en cero en la abscisa y ordenada. Esto significa que la producción excedente y biomasa son inferiores al inicio de las pesquerías, porque hay pocos individuos que se reproducen y crecen, pero el reclutamiento es alto, lo cual significa que la producción excedente y la biomasa crecen. El crecimiento de la biomasa será dependiente de la capacidad de carga del medio y alcanzar su máximo en un punto donde este en equilibrio con la explotación, esto significa que solo se pesque la producción excedente. La producción excedente y biomasa puede declinar hacia cero debido a: un crecimiento lento, una tasa de mortalidad alta, una extracción de biomasa mayor a la producción excedente y bajo reclutamiento. La producción excedente puede utilizarse entonces como un indicador de la dinámica poblacional, expresado de la siguiente manera:

$$\text{Biomasa nueva} = \text{biomasa vieja} + \text{producción excedente} - \text{captura}$$

Cuando la biomasa no puede ser directamente estimada se estima de la relación de la producción excedente y la biomasa, utilizando un índice de abundancia como lo es la captura por unidad de esfuerzo (Hilborn y Walters 1992). Así podemos plantear el siguiente modelo:

$$\text{Producción excedente} = \text{biomasa nueva} - \text{biomasa vieja} + \text{captura}$$

De esta relación empírica surge el modelo de Schaefer (1954) con los fundamentos del trabajo de Graham (1935), dicho modelo es solamente la ecuación de crecimiento logístico simple del primer año ecológico, el cual supone;

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

que la captura es proporcional al esfuerzo y a la biomasa, y la CPUE es proporcional a la biomasa.

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

Donde B es la biomasa, t es el tiempo, r es la tasa intrínseca de crecimiento, K es la capacidad de carga del medio, la cual corresponde al tamaño de la biomasa poblacional en equilibrio sin pesca y C es la captura en un tiempo y es igual a:

$$C_t = q E_t B_t = \text{CPUE}_t B_t$$

Donde q es el coeficiente de capturabilidad, B biomasa y E es el esfuerzo pesquero; esta relación puede ser expresada en función de un índice de abundancia como lo es la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la siguiente manera.

Para el modelo de Schaefer es importante definir la biomasa virgen de la población sometida a pesca (K), que se define como el tamaño de la población sin pesca, o la biomasa capturada en los inicios de una pesquería (Gulland 1977; Hilborn y Walters 1992; Ould *et al.* 1999). El concepto y relación de los parámetros del modelo de Schaefer se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros poblacionales, su relación y significado.

CONCEPTO	CALCULO
Producción máxima excedente	0.25rK
Tamaño de la población para una producción máxima excedente	0.5K
Tasa de explotación de la producción máxima excedente	0.5r
Esfuerzo requerido para alcanzar la producción máxima excedente	0.5rq ⁻¹
Tasa máxima de explotación	R
Esfuerzo a una tasa máxima de explotación	rq ⁻¹

El modelo de Schaefer presenta varios supuestos biológicos que sustentan dicho modelo. Estos fueron formulados por Ricker (1975) y son los siguientes:

1. Cuando la población se acerca a su tamaño máximo, se reduce la eficacia de la reproducción y a menudo el número real de reclutas es menor que con densidades poblacionales más bajas. En esta situación la reducción de la población aumentará el reclutamiento.
2. Cuando la disponibilidad de alimento es limitada, la conversión de éste en biomasa es menos eficiente en una población grande, que una pequeña. Cada individuo de una población grande, obtiene menos alimento; por lo

- tanto, una proporción mayor de éste se utiliza tan sólo para mantener la vida, y una parte más pequeña se traduce en crecimiento.
3. Una población no explotada tiende a tener relativamente más individuos viejos que una población explotada. Esto da lugar a una disminución de la producción, por lo menos de dos formas: los individuos grandes consumen presas más grandes, por lo que se puede introducir un nuevo piso en la pirámide alimenticia, con una consecuente pérdida de eficiencia en la utilización de la producción básica de alimento; los peces grandes convierten a biomasa una proporción menor del alimento que consumen, en parte, debido a que los organismos maduros destinan anualmente una parte de las sustancias a la maduración y reproducción.

Sparre y colaboradores (1989) aclaran que las suposiciones anteriores son para el modelo de Schaefer que es empírico y no concierne alguna otra explicación biológica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Área de estudio

Localización

La pesquería de camarón en el Pacífico mexicano abarca desde el alto golfo de California hasta la frontera con Guatemala. Para fines de evaluación y de ordenamiento de las pesquerías de camarón, y con base en las diferentes poblacionales de camarón, los investigadores del programa de camarón del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Mazatlán, Sinaloa, dividieron el Pacífico mexicano en siete zonas de estudio (Figura 1).

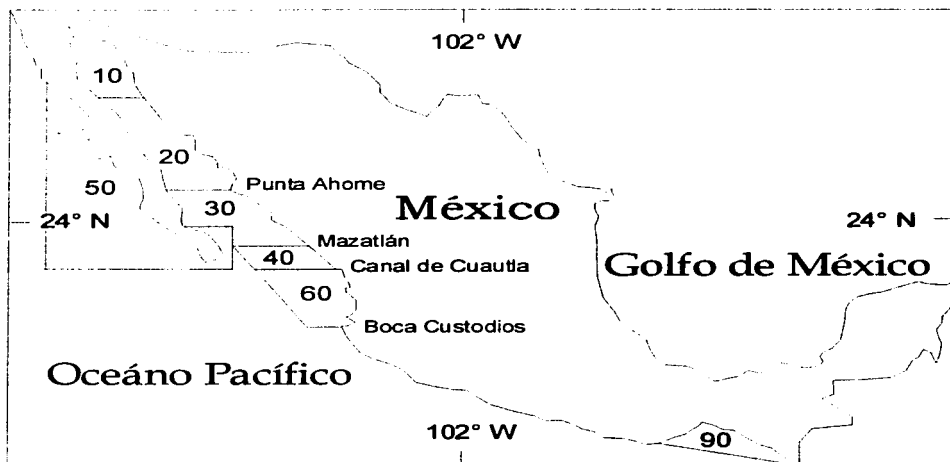


Figura 1.- Mapa de la República Mexicana, donde se muestra la zonificación del Pacífico Mexicano por región de estudio de camarón, el número de identificación de las diferentes zonas, y el nombre de puntos de colindancias de las zonas 30, 40 y 60 que abarca este trabajo (Según Chávez-Herrera 2001).

El área de estudio abarca parte de la plataforma continental del golfo de California en el Pacífico Central Mexicano, desde 25° 47' N y 109° 29' O hasta 22° 11' N y 105° 41' O (Figura 1).

El golfo de California tiene un largo de 1,000 km orientado de noroeste a sureste. El ancho de dicho golfo varía entre 100 y 200 km; la parte más ancha está en el sureste que es la boca que comunica al océano Pacífico y la más angosta en el noroeste. Con base en sus características oceanográficas el golfo de California ha sido dividido en cuatro provincias: golfo Superior, Canal de Ballenas, golfo Inferior y Entrada del golfo (Roden y Emilson 1980). El área de estudio abarca una

porción de dos provincias oceanográficas que son el golfo Inferior y la Entrada del golfo.

Meteorología

a) Tipo de clima.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con base en la clasificación climática de Köpen modificada por García (1973) en el área de estudio se pueden identificar los siguientes tipos de climas: muy seco-muy cálido, localizado en la bahía del Perihúete hacia el norte del estado de Sinaloa, se caracteriza por presentar una temperatura media anual que varía entre 22° y 24°C y una precipitación media anual que oscila entre 100 y 400 mm. Cálido-semihúmedo; abarca la parte baja de la sierra en las cercanías de las poblaciones de Chinabampo, Bacurito, Badiraguato, Mazatlán, Escuinapa y Teacapán, se caracteriza por una temperatura media anual que fluctúa entre 24° y 26°C y una precipitación media anual que varía de 700 a 1,200 mm (Garay-Morán 2002).

b) Patrón de vientos

Dos patrones de vientos se presentan en el área de estudio. El primero está formado de los vientos del norte y del noroeste que se presentan en los meses de octubre a febrero; la velocidad media de dichos vientos es de 2.3 ms⁻¹. El segundo patrón se caracteriza por los vientos de oeste y del suroeste con una velocidad media de 3.4 ms⁻¹ (CNA 1991-2001).

Fisiografía costera

En el área de estudio se encuentran ocho sistemas lagunares importantes para la reproducción y la crianza de camarón; Topolobampo-Ohuira, Navachiste-San Ignacio, Santa María-La Reforma, Altata-Ensenada del Pabellón, Ceuta, Urías, Huizache-Caimanero y Teacapán-Agua Brava (Garay-Morán 2002).

1) El sistema Topolobampo-Ohuira, está compuesto por la bahía de Topolobampo que se conecta por medio de una canal a la bahía de Ohuira (Chaira), juntas representan el segundo sistema en tamaño de Sinaloa y Nayarit. La bahía de Topolobampo se ubica entre los 25°32' y 25°36' de latitud norte y 108°54' y 109°09' de longitud oeste, al norte del estado de Sinaloa. Su extensión superficial es de aproximadamente 6,000 ha; y se conecta al mar por medio de una boca de 3 km de ancho. Esta bahía se caracteriza por: una temperatura que varía entre 20.2° y 33.5°C; presenta un intervalo de salinidad que va de 30.3 a 37.9 ups y el oxígeno disuelto va de 3.5 ml/l a 5.70 ml/l. Dicha bahía presenta condiciones de estuario en las estaciones de otoño e invierno. La bahía de Topolobampo se clasifica tipo II-A y I-C según Lankford (1977). El tipo de vegetación que se encuentra en esta bahía es tipo desértico y con zona de manglares en las partes planas (Contreras-Espinosa 1993).

La bahía de Ohuira se encuentra entre los paralelos 25° 32' y 25° 48' y los meridianos 108° 50' y 109° 03'. Se comunica al golfo de California a través de la bahía de Topolobampo. La bahía de Ohuira tiene un área superficial de 12,500 ha (Garay-Moran 2002). Dentro de esta bahía se encuentran las islas Los patos, Bledos y Tunosa (Contreras-Espinosa 1993).

La red hidrográfica para el sistema Topolobampo-Ohuira esta compuesta por la vertiente de la Sierra Madre Occidental caracterizado por los ríos Fuerte y Sinaloa, y algunos arroyos de menos importancia por su vertiente. Las aguas de origen industrial y urbano terminan en la bahía de Topolobampo (Garay-Morán 2002).

2) El sistema Navachiste-San Ignacio esta compuesto de tres bahías, que representa el tercer sistema en tamaño de Sinaloa y Nayarit; la principal por su tamaño es la bahía de Navachiste, luego le sigue San Ignacio y por último Macapule. El sistema Navachiste-San Ignacio se ubica entre los 25°22' y 25°35' latitud norte y entre 109°05' y 108°45' longitud oeste. La bahía de San Ignacio tiene un área de 26,700 ha aproximadamente, sus subsistemas representan 2,700 ha. La bahía de Macapule abarca una superficie aproximada de 2,600 ha. La profundidad promedio para dicho sistema es de 4 m, posee una barrera arenosa de 23 km de largo y ocho islas, pertenece a la clasificación III-A según Lankford (1977). Es un sistema semicerrado por la isla de San Ignacio; tiene dos bocas de comunicación con el golfo de California llamadas Ajoro y Vasequilla con un ancho de 2 y 1.5 km respectivamente. Dentro de las efluentes se encuentran dos esteros; El Colorado y El Caracol; en los cuales se realizan actividades agrícolas, pesqueras, acuícolas y turísticas (Contreras- Espinosa 1993; Garay-Morán 2002).

3) El sistema Santa María-La Reforma es el más grande del área de estudio. Se encuentra en la parte central de Sinaloa, su área superficial es de 135,000 ha aproximadamente, se localiza entre los paralelos 24°43' y 24°25' y los meridianos 107°56' y 108°19'. Este sistema es dividido en dos por las Islas Talchichitle y Altamura que así conforman las bahías de Santa María y de la Reforma. Se caracteriza por presentar diferentes mosaicos de mangle, planos intermareales, marismas de agua dulce, extensas zonas salobres y marismas emergentes salobres. Los mosaicos de mangle representan una cobertura de 15,700 ha. La profundidad máxima es de 24 m y la promedio de 7 m. Dicho sistema se comunica al golfo de California por dos bocas de 5 km de ancho aproximadamente y con una profundidad entre 12 y 17 m. La precipitación promedio es de 433.8 mm. Este sistema es importante desde el punto de la diversidad de la flora y fauna silvestre que habita, forma parte del corredor de aves migratorias de Norte América. La flora característica según Miranda y Hernández (1963) son: los manglares, la selva baja espinosa, la selva baja caducifolia, y vegetación halófila. Este sistema según Lankford (1977) entra en la clasificación III-A y III-C. En este sistema la actividad antropogénica principal que se realiza es la pesquería del camarón (Contreras- Espinosa 1993; Garay-Morán 2002).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4) El sistema Altata-Ensenada del Pabellón se ubica entre los 24°19' y 24°32' latitud norte, y entre 107°28' y 107°48' longitud oeste. Los bordes del sistema e islas están cubiertos por mangle representando una extensión de 10,630 ha. La clasificación del sistema recae en tipo III-A (Lankford 1977). Altata presenta una profundidad media de cinco metros con salinidades de 32 ups. Ensenada del Pabellón presenta un área de 24,700 ha con una profundidad promedio de un metro, con salinidades entre 10 y 28 ups, la salinidad promedio del sistema es de 28 ups, sin embargo, en la desembocadura hacia el mar es 32 ups. La temperatura del agua varía de 20°C en enero a 32°C en agosto. El área en total que cubre el sistema lagunar es de 36,000 ha, lo que lo pone en el quinto lugar en tamaño del área de estudio. El río Culiacán descarga a la laguna un flujo anual de 3,400 millones de metros cúbicos. El sistema está separado del mar por una barrera de arena de 60 km de largo y de entre 1 y 2 km de ancho, interrumpida por dos entradas: La Palmita que es pequeña y Tonina la más grande. Las descargas principales que recibe de aguas son de origen agrícola y de la industria azucarera, otras de las actividades que realizan en el sistema es la camaricultura. Dentro este sistema se pesca camarón, bivalvos y escama (Contreras- Espinosa 1993; Garay-Morán 2002).

5) El sistema Ceuta es una laguna que se ubica entre los paralelos 24°00' y los 24°15' y los meridianos 107°05' y 107°27'. Su superficie total es de 7,140 ha, que lo pone en séptimo sistema respecto al tamaño. La laguna se caracteriza por dos series de líneas de playa, en posición paralela a la línea de costa, que forman tres islas; la Isla de Quevedo, la Villamoros y de En Medio. El ambiente es de dunas con vegetación pionera; sin embargo, en los márgenes se han establecido manglares. Esta laguna presenta dos bocas permanentes que la comunican con el mar; la primera se denomina boca de Ceuta, presenta un ancho de 2 km y una profundidad promedio de 13 m; la otra boca es artificial y es conocida como la boca de la ensenada del mar, con un anchura de 475 m. Pertenece a la clasificación III-A según Lankford (1977). El drenaje esta asociada a actividades de agricultura, pecuarias y acuícolas, dos ríos desembocan en esta laguna San Lorenzo y Elota; también desembocan algunos arroyos: el Tapón, el Norote y el Tacuichamona. El sistema alberga especies de importancia comercial como son: camarón, mero, curvina, botete, róbalo, ostión, y una especie en peligro de extinción que es la tortuga golfina (Contreras- Espinosa 1993; Garay-Morán 2002).

6) El sistema Uñas es el menor de los sistemas del área de estudio, con una superficie de 1,800 ha. Esta localizado un lado de la ciudad de Mazatlán, entre los 23°09' y 23°13 de latitud norte y entre los 106°20' y 106°25' de longitud oeste. Se considera un complejo lagunar y está conformado por: el estero del Astillero, el estero de Uñas y la Sirena. De todos los sistemas este ha sido fuertemente modificado. Empezando por su boca, que esta constituido por rompeolas que reducen el ancho de la misma a 150 m. La profundidad máxima es de 15 m. El drenaje esta asociado a desechos urbanos de la ciudad de Mazatlán por medio del arroyo el Jabalies, que desemboca al estero el infiernillo y este a su vez al estero el Astillero. También el drenaje esta asociado con actividades industriales que vierten directamente sus aguas, como es el caso de la

termoeléctrica y el rastro municipal. Otra actividad que influye que repercute en el drenaje y calidad de agua es la camarónica. De acuerdo con la clasificación de Lankford (1977) este sistema es de tipo III-B. El estero de Urias se comporta como un estuario durante la época de lluvias, su salinidad es menor hacia la cabecera alrededor de 7 ups, según Pitchard (1967) y Brusca (1980). En épocas de secas el estero de Urias se comporta como un antiestuario o laguna hipersalina, debido a que la evaporación excede la entrada de agua. La temperatura y salinidad se incrementan desde la boca hacia las regiones internas del estero, las salinidades que se han registrado alrededor de 40 ups (Contreras-Espinosa 1993; Garay-Morán 2002).

7) El sistema Huizache-Caimanero se localiza hacia el sur de Sinaloa entre los paralelos 22°50' y 23°05' y entre los meridianos 105°55' y 106°15'. Los ríos Presidio y Baluarte forman parte de este complejo, que desembocan en el golfo de California en la parte norte y sur respectivamente; dicho sistema esta conformado por dos esteros que se comunican con los ríos mencionados por medio de canales. La laguna presenta un área superficial de 17,100 ha, que lo ponen en sexto sistema de Sinaloa y Nayarit. Se clasifica según Lankford (1977) como tipo III-A. La laguna Caimanero posee tres tapos: tapo Caimanero situado en la boca entre el estero de Agua Dulce y Caimanero. El Tapo Pozo de la Hacienda ubicado en el canal que comunica al Huizache y a la laguna Caimanero, y el Tapo el Ostial. La temperatura mínima es de 23°C y la máxima de 33.8°C; la salinidad de 0.8 ups como mínima y máxima de 16 ups. El canal que comunica al estero de Agua Dulce hacia Caimanero, presenta las siguientes características: una profundidad media de 2 m en época de lluvias, hacia el río Baluarte la profundidad es de 4 m, tiene de ancho entre 40-50 m y el largo es de 9 km. El canal del Pozo de la Hacienda presenta 200 m de ancho, con una profundidad entre 2.3 y 3 metros durante las lluvias y 1 m en secas. Las actividades de pesca y camaricultura son actividades dominantes, aunque se realizan otras actividades; agrícola y forestal (Garay-Morán 2002).

8) El sistema Teacapán-Agua Brava esta al sur del área de estudio en el estado de Nayarit, colinda en la parte norte con el estado de Sinaloa, su posición geográfica es entre los 22°4' N y 105°35' O. Abarca una superficie de 40,000 ha, representa el cuarto sistema en tamaño del área de estudio, pero el más grande en Nayarit. Este sistema se comunica al mar por medio de dos bocas: la boca de Teacapán, que presenta un ancho de 1 km y una profundidad entre 3 y 9 m; la boca de Cuatla que es artificial situada hacia el sur del sistema, tiene un ancho de 2 km y con una profundidad superior a los 30 m. Las afluentes principales son los ríos: Cañas, Rosa Morada y Bejuco-Estacionales y Acaponeta, San Pedro, Santiago y Baluarte. La salinidad media es de 20 ups. Según Lankford (1977) se clasifica como tipo III-C. Las especies de importancia comercial que alberca este sistema son: el chihuil, el burro, la corvina, el camarón, la lisa, el macho, la mojarra, el pargo, el róbalo y el constantino. Las principales actividades que se realizan son; la pesca, la agricultura, la ganadería-forestal (Contreras-Espinosa 1993; Garay-Morán 2002).

a) Tipo de playas

La costa del golfo de California presenta unidades morfotectónicas VI y VII, según Carranza-Edwards *et al.* (1975) La unidad VI esta representada por las costas de la península de California y la unidad VII por las del continente. La unidad VI se caracteriza por presentar una plataforma continental estrecha. Las costas son formadas por erosión con promontorios cortados por olas con material de tamaño homogéneo, pero la parte superior es irregular con bloques y cantos rodados; también existe la presencia de roca volcánica y metamórfica, las cuales forman grandes conglomerados principalmente en la zona intermareal. El origen de esta unidad es por distensión o desplazamiento de placas desde el punto de vista geomorfológico (Carranza-Edwards *et al.* 1975).

La unidad morfotectónica VII es el tipo de costas característico del área de estudio. Desde el punto de vista tectónico se definen como costas de arrastre de neo-eje y se clasifican en: costas primarias y secundarias. Las costas primarias por deposición subaérea de ríos ejemplo costas de complejos deltaicos; costas por deposición subaérea por vientos, ejemplo costas de dunas. Las costas secundarias formadas por movimientos diastróficos ejemplo costa de falla; costas por deposición marina ejemplo las planicies aluviales (Carranza-Edwards *et al.* 1975).

b) Batimetría

En general la profundidad del área de estudio va de 5 a 50 m, aunque solo siete puntos del área de estudio presentan una profundidad mayor a 50 m, dichos puntos se localizan en el borde del área de estudio (Figura 2). La isobatas de 5, 20 y 35 m se presentan aproximadamente paralelas a la costa, la isobata de los 50 m abarca un área que se extiende desde enfrente de Sta. Ma. La Reforma hasta el sur de Sinaloa, la parte más ancha de dicha isobata mide 38 km, y a lo largo 337 km (Figura 2).

Tipo de sedimentos

Los sedimentos recientes de la plataforma continental del área de estudio son de origen continental, acarreados principalmente por vía fluvial (López-Avilés 1986; Baba *et al.* 1991). Con base a los parámetros granulométricos estadísticos los sedimentos se clasifican en cuatro grupos texturales: limo-arcilloso, arcilloso-limosos y arena-limosa en orden de abundancia respectivamente (López-Avilés 1986).

Dichos sedimentos con base a la composición química y origen pueden ser clasificados en terrigenos, clásticos, opal biogénico, carbonato biogénico y ricos en manganeso (Baba *et al.* 1991). El sedimento del área de estudio esta compuesto de terrigenos de origen continental entre 80 y 90%, con un contenido medio de 12% de carbonatos; y su tasa de sedimentación es de 168 a 651 g m⁻²año⁻¹ (López-Avilés 1986; Baba *et al.* 1991). El componente biogénico en los

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

sedimentos decrece de Este a Oeste en dicha área debido a la dilución por arcillas y aluvión (López-Avilés 1986; Baba *et al.* 1991).

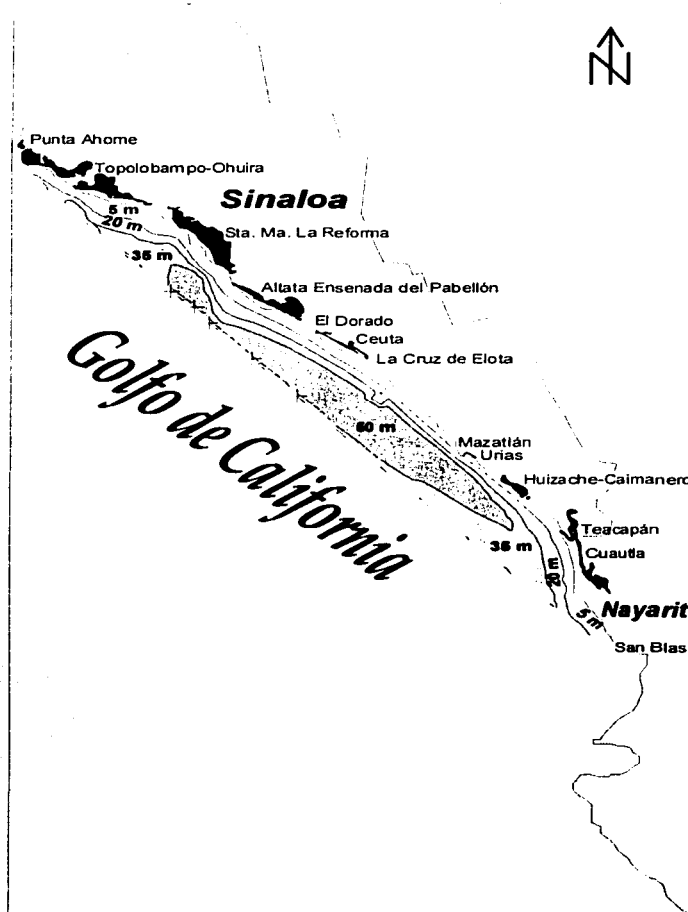


Figura 2. Mapa batimétrico del área de estudio, construido por triangulación simple. Las cruces representan las estaciones con profundidades > 50 m.

Oceanografía física

a) Salinidad

En la boca del golfo de California con base a la salinidad se distinguen cuatro capas de agua de mar: la superficial de salinidad máxima ($S > 34.6$ ups), la somera de salinidad mínima ($S \leq 34.6$ ups), la profunda de salinidad mínima ($S < 34.5$ ups) y la profunda con salinidad máxima (Roden 1972).

La capa superficial de salinidad máxima se encuentra localizada hasta los 150 m de profundidad en la parte oeste del golfo de California. Cerca de la costa de Sinaloa desaparece dicha capa en las desembocaduras de los ríos, en especial la del río Presidio (Roden 1972; Lavín *et al.* 1997; Collins *et al.* 1997).

La capa somera de salinidad mínima es originada principalmente por descarga de ríos en la costa, en el lado oeste del golfo de California no existe tal capa (Roden 1972; Lavín *et al.* 1997; Collins *et al.* 1997). Dicha capa tiene un espesor de 50 metros y puede registrarse hasta una profundidad de 75 m (Roden 1972).

La capa profunda de salinidad mínima, se encuentra más allá de los 300 m de profundidad hasta los 1,100 m aproximadamente (Roden 1972), tiene un espesor de 300 m. Esta capa se encuentra rodeada por la capa de agua profunda de salinidades máxima que tiene una salinidad mayor a 34.5 ups (Roden 1972).

c) Temperatura

La temperatura media superficial del mar en el área de estudio, en invierno disminuye de norte a sur de 19.5 a 23°C respectivamente. En primavera las isotermas presentan el mismo patrón perpendicular que invierno; sin embargo, la temperatura media superficial se incrementa sólo en el norte del área de estudio a 22.5°C (Soto-Mardones *et al.* 1999). En verano la temperatura media superficial se incrementa a 29°C y las isotermas son paralelas al eje longitudinal del golfo de California; por último en otoño vuelven las isoterma a ser perpendiculares y la temperatura media superficial es de 28°C hacia el norte de la zona de estudio y 29.5°C hacia el sur (Soto-Mardones *et al.* 1999).

d) Masas de agua

Según Torres-Orozco (1993) en el mar de Cortés se han identificado seis masas de agua; agua del golfo de California, agua superficial ecuatorial, agua de la corriente de California, agua subsuperficial subtropical, agua intermedia del Pacífico y agua profunda del Pacífico (Tabla 4).

En el área de estudio se encuentran representadas solo tres masas de aguas, debido a que el estudio comprende parte de la plataforma continental.

Dichas masas de aguas son: agua del golfo de California que provienen del norte o del este del golfo; el agua superficial ecuatorial que proviene del sur; y el agua de la corriente de California que proviene del norte del océano Pacífico. Las masas de agua profundas (> 150 m) posiblemente sólo se encuentren representadas en verano y en zonas de surgencias que afloran en la plataforma continental de Sinaloa (Escalante-Escobar 2001).

Tabla 4. Características de las masas de agua del golfo de California (Torres-Orozco 1993 en Lavín *et al.* 1997).

Masa de agua	Salinidad (ups)	Temperatura (°C)	Profundidad (m)
Golfo de California	$S \geq 35.0$	$T \geq 12$	< 150
Superficial Ecuatorial	$S < 35.0$	$T \geq 18$	< 150
Corriente de California	$S < 34.5$	$12 \leq T \leq 18$	< 100
Subsuperficial Subtropical	$34.5 \leq S \leq 35.0$	$9 \leq T \leq 18$	150-500
Intermedia del Pacífico	$34.5 \leq S \leq 34.8$	$4 \leq T \leq 9$	500-1200
Profunda del Pacífico	$S > 34.5$	$T < 4$	> 1200

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Material y métodos

Trabajo de campo

Se utilizaron los datos de captura del camarón blanco y los registros de la temperatura superficial del mar obtenidos por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras Mazatlán (CRIP-Mazatlán, INP) del periodo de 1992-2001. Mediante los cruceros que se realizaron durante los meses de junio a agosto; que es la parte final la época de veda antes de abrirse la temporada de pesca (Tabla 5).

Las estaciones de muestreo se distribuyeron de tal manera que abarcan toda el área de pesca de la flota camaronera de alta mar, que realiza sus actividades de pesca en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit. La red de estaciones comprendió diferentes profundidades que van desde 5 a 80 m. El esfuerzo pesquero para este trabajo se definió como el tiempo efectivo de arrastre, cuya unidad de medición es la hora. Cada muestreo se arrastró mínimo una hora y máximo 1:15 hr. La captura se estandarizó a una hora efectiva de arrastre con lo que se define la captura por unidad de esfuerzo en kilogramos de camarón blanco por hora de arrastre (CPUE kg/h).

En este estudio solo analizamos las poblaciones de camarones de las zonas 30, 40 y 60, que abarcan la plataforma continental de los estados de Sinaloa y Nayarit. La zona 30, que en este trabajo nombraremos norte de Sinaloa, se extiende desde Punta Ahome (25° 47' N y 109° 29' O) hasta Punta Cerritos (23° 32' N y 106° 54' O). Esta zona representa un área de aproximadamente 20,599 km² (Figura 3). Los límites geográficos de la zona 40 van desde Punta Cerritos, Sinaloa, hasta el Canal de Cuautla, Nayarit (22° 11' N y 105° 45' O) cubre un área de aproximadamente 5,007 km² (Figura 3). La zona 60, que abarca del punto anteriormente mencionado hasta Boca Custodio 21° 19' N y 105° 15' O que comprende aproximadamente un área de 6,580 km² (Figura 3).

Las características de las embarcaciones en que se realizaron los cruceros son: embarcación tipo camaronero, casco de hierro de 22 m de eslora, 6 m de manga y 3 m de puntal; equipado con navegador por satélite, ecosonda, dos máquinas diésel de 450 Hp y dos redes de arrastre. Aunque, los artes de pesca variaron en tipo de redes y dimensiones, a continuación se mencionan las características de las redes utilizadas más frecuentemente en el monitoreo de la pesquería de camarón. Las características de la red de arrastre son las siguientes: la luz de malla de 5 cm, dos excluidores de tortugas tipo super escopeta con salida para arriba. La relinga inferior midió 24 m y se usó una cadena de 9 mm de calibre. Las galgas (patas de gallo) midieron 74 m y las tablas (puertas) eran de 2.7 m X 1.5 m, con tres salidas de agua.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

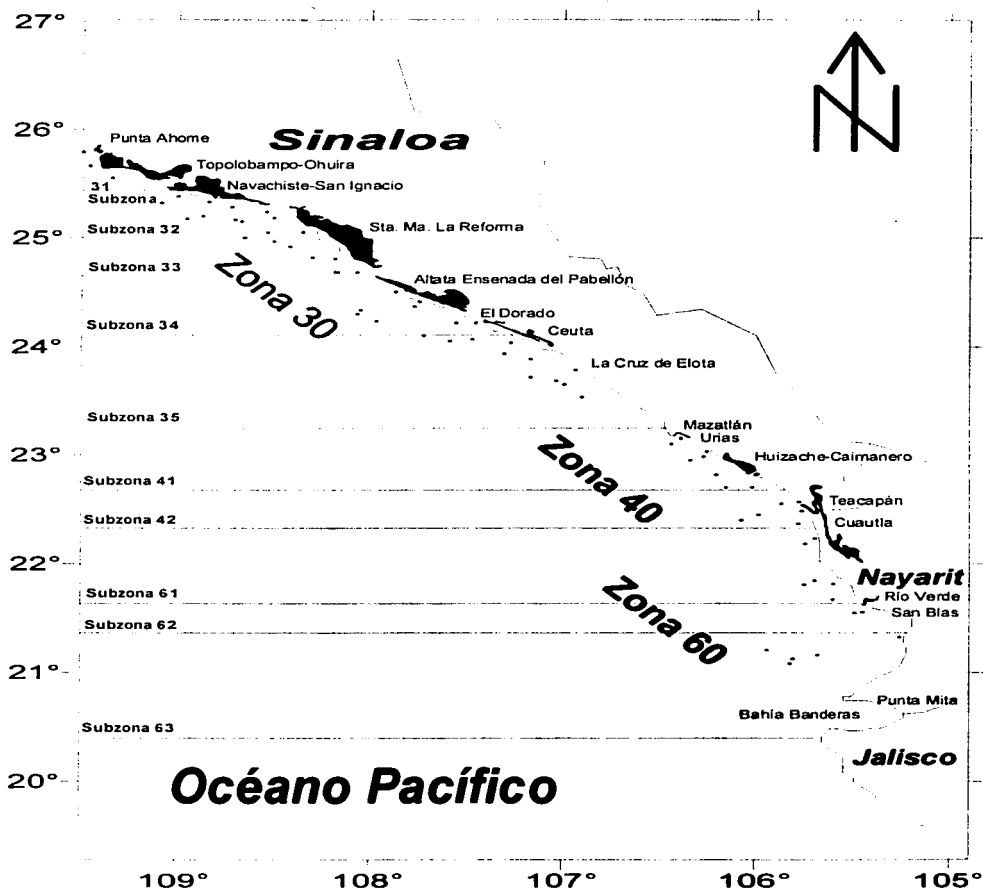


Figura 3. Mapa del área de estudio y zonas de pesca de camarón. Los círculos negros representan la red de estaciones muestreadas cada verano.

Tabla 5. Fecha de muestreos en verano y números de lances de una hora de duración.

Fecha	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
5-Jun					5					
6-Jun					10					
7-Jun					22					
8-Jun					17					
9-Jun					7					
10-Jun					10					
11-Jun					8					
12-Jun										
13-Jun					1					
14-Jun					7					
15-Jun					9		3			
16-Jun					7		15			
17-Jun					10	8	17			
18-Jun					19	13	4			
19-Jun					14	10	9			
20-Jun					12	15	18			
21-Jun					3	10	10			
22-Jun							5			
27-Jun					1					
28-Jun					9					
29-Jun					9					
30-Jun					8	3				
1-Jul					20					
2-Jul					17					10
3-Jul					13					9
4-Jul					5			9		11
5-Jul								2		10
6-Jul								6		9
7-Jul	2							10		10
8-Jul	6							10		10
9-Jul	5							7		17
10-Jul	6									19
11-Jul	10									11
12-Jul	9								5	12
13-Jul	5		7	1					16	15
14-Jul	2		4	4	6			7	15	4
15-Jul	8	3	4	10	2			12	21	17
16-Jul	10	10		2	3			5	8	10
17-Jul	11	1		10	8	2			10	7
18-Jul				8	9	17			7	1
19-Jul				9	9	17				
20-Jul				9	21	15				
21-Jul				6	20	9				
22-Jul		6				4				
23-Jul		10								
24-Jul		10								
25-Jul		10								
26-Jul		10								
27-Jul		12			7					
28-Jul		8			11					
29-Jul					12					
30-Jul					6					4
3-Ago										8
4-Ago										9
5-Ago			6			1				11
6-Ago			5			9				4
7-Ago			9			10				2
8-Ago			7			12				
9-Ago		3				24				
10-Ago		11				7				
11-Ago		5			1	12				
12-Ago		1			5	6				
13-Ago			1		11					
14-Ago					2					
15-Ago					5					
16-Ago			2		10		2			
17-Ago					7		9			
18-Ago					10		9			
19-Ago			3		10		9			
20-Ago			9		10		10			
21-Ago			7		8		3			
Subtotal	74	106	92	143	279	221	123	80	103	170
Total	1391									

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

La velocidad media de arrastre fue 2 kn (3.7 km/h). Las estaciones someras (< 35 m) se muestrearon durante el día, las estaciones profundas (> 35 m y < 80 m) durante la noche. En total se analizaron 1,391 arrastres. En cada arrastre se tomó una muestra al azar de cinco kilogramos y se separaron las diferentes especies de peneidos; así se obtuvo la proporción en peso de *Litopenaeus vannamei* respecto al total de la biomasa capturada en cada arrastre de camarón (Chávez-Herrera 2001). Cuando la captura fue menor de seis kilogramos se analizó toda la muestra.

La medición de la temperatura superficial del mar se realizó al inicio de cada estación, mientras se efectuaba el arrastre. Para ello se extrajo una muestra de agua con un cubo de plástico y se tomó inmediatamente la lectura de temperatura con un termómetro de mercurio (10-50° C ± 0.1).

Trabajo de Gabinete

Se consideraron dos unidades fisiográficas zonas y subzonas, con la finalidad de que un grupo de estaciones represente diferentes tamaños áreas muestreadas. Las unidades llamadas zonas son superiores en extensión a las subzonas. Las subzonas representan rasgos particulares de la costa, ejemplo el área influenciada por el sistema lagunar Huizache-Caimanero.

Todos los datos registrados en las bitácoras de campo se vaciaron en una base de datos, administrada por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Mazatlán del cual se extrajo la CPUE del camarón blanco y el tiempo de arrastre de redes. La CPUE se estandarizó a kilogramos por hectárea y kilogramos por hora, que se utilizó como índice de abundancia relativo del camarón blanco *L. vannamei* para análisis posteriores.

Para llevar a cabo el análisis de los datos se construyó una matriz que contenía la siguiente información: fecha, zona, subzona, estación, profundidad, temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de temperatura y CPUE de camarón blanco.

Se utilizó el método de interpolación por triangulación simple para construir un mapa batimétrico, con la finalidad de representar la tendencia de las isóbatas en el área de estudio que comprende una porción de la plataforma continental, ya que se analizó la distribución batimétrica del camarón blanco.

Para el análisis de la distribución de temperatura superficial del mar, se construyeron mapas de isotermas del área de estudio para cada verano. Los mapas fueron construidos utilizando el modelo de interpolación por triangulación simple, el cual consiste en interpolar los puntos, suponiendo que existe un gradiente continuo entre dos puntos, que es función lineal de los valores observados y de la distancia entre estos. Esta tarea se llevó a cabo con el paquete Surfer versión 7. Con la finalidad de analizar la distribución en el tiempo de la

temperatura superficial del mar y ver si existe algún patrón, se calcularon las medias de todas las temperaturas registradas por año y se graficaron en un diagrama de dispersión.

La anomalía de temperatura superficial del mar se calculó con base en la diferencia de la temperatura *in situ* respecto a la temperatura media superficial del mar de verano para el área de estudio. Dicha media se estimó a partir de todos los datos de temperatura superficial del mar registrados durante 1992-2001. La anomalía se clasificó en tres grupos respecto al valor de la diferencia antes mencionada:

- a) Anomalía -1; cuya diferencia es ≤ -0.5 °C.
- b) Anomalía 0; la diferencia toma > -0.5 y < 0.5 °C.
- c) Anomalía 1; la diferencia es ≥ 0.5 °C.

Se determinó la distribución de camarón blanco respecto a la temperatura media superficial de mar, por medio de análisis de regresión no-lineal, el cual consistió en ajustar el modelo de Gauch y Whittaker (1972). La expresión matemática y significado de los parámetros de dicho modelo son los siguientes:

$$CPUE = C_K e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{(X - \mu)^2}{T_K} \right)}$$

CPUE, es la biomasa de camarón blanco que se espera capturar por hora de arrastre, en algún lugar de la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit.

X, es el valor de la temperatura superficial del alta mar expresada en grados centígrados.

C_K, es la captura máxima de camarón blanco por hora de arrastre en alta mar.

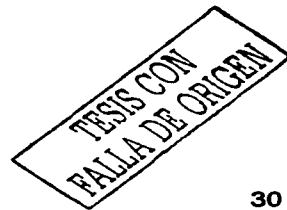
μ, es la temperatura superficial de mar óptima para obtener un mejor rendimiento en la captura de biomasa de camarón blanco en alta mar.

T_K, es el ancho de la curva del CPUE de camarón blanco en cierto intervalo, a partir del óptimo de temperatura superficial de alta mar.

Se caracterizó la distribución vertical de camarón blanco por medio del análisis de regresión no-lineal, por el cual se ajustó el modelo de Weibull. La ecuación y significado de los parámetros son los siguientes:

$$CPUE = a_x e^{[-(b+c)a^3 + d]}$$

$$a_x = a_0 \left(\frac{a_3 - 1}{a_3} \right)^{\frac{1-a_3}{a_3}} \left[\left(\frac{X - a_1}{a_2} \right) + \left(\frac{a_3 - 1}{a_3} \right)^{\frac{1}{a_3}} \right]^{a_3 - 1}$$



$$b = \left(\frac{X - a_1}{a_2} \right)$$

$$c = \left(\frac{a_3 - 1}{a_3} \right)^{\frac{1}{a_3}}$$

$$d = \left(\frac{a_3 - 1}{a_3} \right)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Donde la CPUE (kg/h) de camarón blanco, X la profundidad en metros; los parámetros del modelo de Weibull son: amplitud (a_0), centro (a_1), ancho hacia el lado derecho del centro (a_2) y ancho hacia el lado izquierdo del centro (a_3).

Se analizó la CPUE en espacio y tiempo por medio de la técnica de diagrama de dispersión y de la construcción de un mapa con isolíneas de CPUE. El mapa se construyó con el modelo de interpolación por triangulación simple, con la finalidad de observar la tendencia de CPUE con respecto al tiempo y a la latitud. Por medio de la técnica de análisis de varianza con un arreglo factorial, se comparó la CPUE respecto: al año, las subzonas y las anomalías de temperatura del mar. Esto es con la finalidad de comprobar si el tiempo, el espacio, la temperatura superficial del mar, o la interacción de estos tres factores, influyen sobre el índice de abundancia relativa del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

Se calcularon las superficies de respuesta en dos dimensiones como propone Montgomery (1995). Dicha superficie relaciona la variable dependiente CPUE de camarón blanco de alta mar en función de las interacciones: tiempo-espacio, y tiempo-anomalía de la temperatura superficial del mar. Los modelos de dichas superficies de respuesta fueron calculados por mínimos cuadrados.

Se estimó por dos métodos la biomasa residente de camarón blanco en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit. El primer método es conocido como el área de barrido estratificado por profundidad Hilborn y Walters (1992) y el segundo es el modelo de Schaefer (1954) en su versión estocástica.

El método de área de barrido consiste en calcular el área recorrida por la red o redes de arrastre, esto se hace por medio de las formulas:

$$d = v t,$$

$$A = d (h) X_2$$

Donde d es la distancia longitudinal del área barrida medida en km; v es la velocidad promedio de arrastre medida en km/h; t es el tiempo de arrastre efectivo

expresada en h ; A es el área barrida y su unidad de medida es km^2 ; h es la longitud de la relinga inferior y representa el ancho del área barrida, su unidad de medida es km ; X_2 es la eficiencia con que trabajo el arte de pesca. Este último parámetro es el porcentaje de abertura de la red, completamente abierta la red representa el 100% de eficiencia. Pauly (1980) y Sparre *et al.* (1989) proponen una eficiencia media del 60% para redes de arrastres, este valor coincide con la eficiencia media calculada para la flota camaronera del golfo de California (Esparza 2001). Sustituyendo los valores en las ecuaciones anteriores tenemos:

$$d = 3.7 \text{ km/h (1 h)} = 3.7 \text{ km, } A = 3.7 \text{ km (0.024 km)} 0.60 = 0.053 \text{ km}^2$$

Así el área barrida por una red en una hora es de 0.053 km^2 (5.3 ha) por lance, como fueron dos redes las que se utilizaron, el área total efectiva de barrido es igual a 0.106 km^2 (10.6 ha). La biomasa de camarón blanco capturada a una profundidad Z (C_z), entre un esfuerzo de una hora de arrastre de redes expresado en área barrida ($A=10.6 \text{ ha}$), da como resultado la CPUE expresada en kg/ha . Si la CPUE media la multiplicamos por el área total que abarca la isobata (A_z) obtenemos la biomasa total de camarón blanco en esa profundidad (B_z). Para obtener la biomasa total hay que sumar las biomásas calculadas para cada isobata o intervalos de profundidad.

$$\begin{aligned} \text{CPUE} &= C_z A^{-1} = (\text{kg ha}^{-1}) \\ B_z &= \text{CPUE } A_z = (\text{kg}) \\ \text{Biomasa total} &= \sum B \end{aligned}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La estimación de la biomasa estratificada al azar en tres niveles (inferior, media y superior) se obtuvo de la resta y suma a la biomasa total 1.96 desviaciones estándar, respectivamente (Hilborn y Walters 1992). El único supuesto del método del área de barrido es que la captura media por unidad de esfuerzo o por unidad de área, es un índice de abundancia relativo de la población.

Se estimaron los siguientes parámetros poblacionales: tasa de crecimiento intrínseco de la población (r); capacidad de carga del medio (K); la proporción de biomasa respecto a la biomasa virgen (δ) y coeficiente de vulnerabilidad (q) de la población de camarón blanco. Dicha estimación se realizó a partir del ajuste del modelo dinámico de biomasa de Schaefer. El cual no supone condiciones de equilibrio, considera que la CPUE es un estimador de la abundancia relativa y es proporcional a la biomasa. La expresión matemática del modelo es:

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

Donde t es el tiempo, B_t es la biomasa en un tiempo t , B_{t+1} es la biomasa en un tiempo $t+1$, r es la tasa intrínseca del crecimiento de la población, K es la capacidad de carga y C_t es la captura al tiempo t .

El modelo de Schaefer puede ser escrito de diversas formas, con la finalidad de estimar los parámetros, se utilizó el método de Schnute (1977) el cual consiste en transformar esta ecuación como función de una variable conocida. En este caso la variable es el índice de abundancia relativa CPUE, que se relaciona con la biomasa de la siguiente manera:

$$CPUE_t = q B_t, \text{ ó bien } B_t = CPUE_t q^{-1}$$

Donde q es el coeficiente de vulnerabilidad. Si sustituimos los términos, el modelo se expresa de la siguiente manera:

$$\left(\frac{CPUE_{T+1}}{CPUE_T} \right) - 1 = r - \left(\frac{r}{qK} \right) CPUE_T - qE_T$$

Tasa de cambio de Biomasa = Tasa intrínseca - Reducción en la tasa de crecimiento - Tasa de explotación
de crecimiento dependiente de la densidad

Las letras pequeñas indican el significado de cada término de la ecuación. Donde T significa tiempo y E es el esfuerzo. La estimación de los parámetros poblacionales r , q , δ y K se realizó por, el método de máxima verosimilitud (L), en la modalidad del negativo del logaritmo natural de la verosimilitud (L) (Hilborn y Mengel 1997). Dicha modalidad minimiza la superficie de respuesta en la búsqueda de los valores de los parámetros, lo cual hace más eficiente las iteraciones. La máxima verosimilitud es un criterio alternativo para estimar parámetros. El concepto básico es como se presentan los errores al azar y como se distribuyen. Así, la idea básica es encontrar los parámetros del modelo dados los datos. Se parte del supuesto que las diferencias entre los datos observados y los estimados se distribuyan de forma normal $N(0, \sigma^2)$; de esta manera la máxima verosimilitud para cada valor observado se calculó de la siguiente forma:

$$L \{r, q, K | \text{Datos}\} = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(Obs - Y)^2}{2\sigma^2} \right)}$$

Donde **Obs** son los valores observados, **Y** son los esperados y σ es la desviación estándar de los errores. Así que la máxima verosimilitud para observaciones múltiples es igual al producto de la verosimilitud de cada observación individual. Para el caso del negativo del logaritmo natural de la verosimilitud se calculó con la siguiente expresión:

$$L = \left(\ln(\sigma) + 0.5 \ln(2\pi) + \left(\frac{(Obs - Y)^2}{2\sigma^2} \right) \right)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La función objetivo se estimó a partir de la suma de todos los casos del negativo del logaritmo natural de la verosimilitud de cada observación, y los parámetros del modelo fueron cuando la función objetivo fue minimizada (Hilborn y Mangel 1997).

Existen dos fuentes de variación de los datos error de observación y error de proceso. Los errores de observación (V) son aquellos que están asociados con la incertidumbre del índice de abundancia relativa que se utilizó, y los errores de proceso (W) están asociados a las incertidumbres de las variables independientes. Si sólo existen errores de observación, el modelo es determinístico y no tienen ningún componente azaroso, esto significa que el tamaño de la población en un período dado está completamente determinada por el tamaño de la población y su estructura actual o de dicho período. En caso de presentar sólo incertidumbre de proceso, significa que la variación en los datos es explicada por un modelo estocástico, que es regido por las variables independientes consideradas por el modelo. Ya que en esencia la estocasticidad está representada por una distribución de probabilidad resultado de otro tiempo en particular, por lo que no puede estimar exactamente los datos observados (Hilborn y Mangel 1997). La estimación de cada uno de los errores son de las siguientes formas:

$$W = Y_{\text{Observada}} - Y_{\text{Estimada}}$$

$$V = X_{\text{Observada}} - Y^{-1}_{\text{Estimada}}$$

Las formas de expresar el modelo dinámico de Schaefer en función de los errores antes mencionados son las siguientes:

Error de Observación

$$B_{est,t+1} = B_{est,t} + rB_{est,t} \left(1 - \frac{B_{est,t}}{K} \right) - C_t$$

$$B_{est,0} = K$$

$$I_{est,t} = qB_{est,t}$$

$$q = e^{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [\ln(I_t) - \ln(B_{est,t})] \right)}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Error de Proceso

$$B_{est,t+1} = \frac{I_t}{q} + r \frac{I_t}{q} \left(1 - \frac{I_t}{qK} \right) - C_t$$

$$B_{est,0} = K$$

$$B_{est,t} = \delta B_{est,0}$$

$$I_{est,t} = qB_{est,t}$$

Donde $B_{est,t}$ es la biomasa estimada para un tiempo (t); C_t es la captura en un tiempo (t); $I_{est,t}$ es la CPUE estimada en un tiempo (t); n es el número total de tiempos (t); δ es una constante de proporcionalidad respecto a la biomasa virgen; y las demás son los parámetros conocidos del modelo de Schaefer.

Para la estimación de los intervalos de confianza de los parámetros r , K , q y δ ; se parte del supuesto que la probabilidad de la verosimilitud sigue una distribución χ^2 con un grado de libertad, de tal manera que podemos calcular el intervalo de confianza del 95% por la siguiente relación:

$$P\{\chi^2_{1,0.05}\} = 2[L(Y|M_A) - L(Y|M_b)]$$

Donde P es la probabilidad; $L(Y|M_A)$ es la verosimilitud de un valor dado para un parámetro M ; y $L(Y|M_B)$ es la verosimilitud estimada para el mejor estimado del parámetro M .

El número de individuos de camarón blanco para una biomasa estimada por el método del área de barrido, se estimó a partir de los grupos de peso en los que se clasifica el camarón comercialmente y el porcentaje con relación a la biomasa estimada, dicho porcentaje cambia en el tiempo. A continuación ponemos un ejemplo de cálculo. Los grupos de peso y porcentajes son: U10 (3.5%), U12 (5.9%), U15 (62.5%), U18 (24.3%), U23 (3.0%), U28 (0.3%) y U33 (0.4%). Así, el 3.5% de una biomasa estimada de 1,000 kg es igual a 35 kg de camarones U10, lo cual significa que 10 camarones pesan 1 lb (0.454 kg). Los 34 kg los dividimos en 0.454 kg y el resultado será el número de camarones que pertenecen al grupo U10; para este ejemplo son 77 camarones. La suma del número de los camarones de todos los grupos será el número total de camarones que constituyen una biomasa estimada.

Por último, con base a los parámetros estimados por error de proceso para el modelo dinámico de Schaefer (1954); se simularon tres escenarios posibles, los

TECIS CON
FALLA DE ORIGEN

cuales consisten en variar el régimen del esfuerzo pesquero: en el primer escenario el esfuerzo es maximizado según Schaefer (1954); el segundo escenario el esfuerzo es una cuarta parte del utilizado en el primer escenario; el tercer escenario el esfuerzo es una octava parte del sometido en el primer escenario; el cuarto y último escenario, el esfuerzo es igual a la media del esfuerzo realizado durante esta última década, que fue igual a 1'040,248 horas de trabajo de una flota de 600 barcos en los litorales de Sinaloa y Nayarit.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Resultados

Estadística descriptiva

En total se realizaron 1,391 arrastres, durante las campañas de 1992-2001. La CPUE de camarón blanco varió entre cero y 45 kg/h. La CPUE media por verano mínima fue de 0.42 kg/h y máxima de 2.42 (Tabla 6). Por zonas la CPUE media mínima fue de 0.77 kg/h y la máxima de 1.19 kg/h (Tabla 7); por subzonas la mínima fue de 0.23 kg/h y la máxima de 1.49 kg/h (Tabla 8); por verano y anomalía varió entre cero y 4.14 kg/h respectivamente (Tabla 9). La CPUE media por temperatura y profundidad se describirán con detalle en los subcapítulos posteriores (tablas 10 y 11).

Tabla 6. Estadística descriptiva para la CPUE por verano de camarón blanco.

Veranos	N	CPUE (kg/h)		Intervalos de confianza	
		Media	Err. Std.	-.95%	+.95%
1992	74	1.81	0.33	1.16	2.45
1993	106	2.42	0.63	1.17	3.67
1994	92	0.76	0.17	0.42	1.11
1995	143	0.87	0.18	0.52	1.23
1996	279	0.46	0.07	0.32	0.61
1997	221	0.64	0.10	0.45	0.84
1998	123	0.92	0.25	0.42	1.42
1999	80	1.22	0.30	0.61	1.82
2000	103	0.79	0.13	0.52	1.05
2001	170	0.42	0.07	0.28	0.57

Tabla 7. Estadística descriptiva para la CPUE por zona de camarón blanco.

Zonas	N	CPUE (kg/h)		Intervalos de confianza	
		Media	Err. Std.	-.95%	+.95%
30	753	0.77	0.18	0.41	1.13
40	327	1.12	0.24	0.64	1.60
60	311	1.19	0.23	0.73	1.64

Tabla 8. Estadística descriptiva para la CPUE por subzona de camarón blanco.

Subzonas	N	CPUE (kg/h)		Intervalos de confianza	
		Media	Err. Std.	-.95%	+.95%
31	85	0.38	0.15	0.68	0.08
32	183	0.23	0.05	0.33	0.13
33	169	0.81	0.16	1.13	0.48
34	130	1.02	0.26	1.53	0.52
35	186	0.67	0.12	0.91	0.43
41	209	0.89	0.13	1.15	0.63
42	118	1.49	0.32	2.12	0.86
61	209	1.37	0.26	1.88	0.86
62	74	0.83	0.15	1.14	0.53
63	28	0.62	0.23	1.10	0.14

Tabla 9. Estadística descriptiva para la CPUE (kg/h) por verano-anomalia de camarón blanco.

Anomalías	Parámetros	Veranos									
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
-1	N		17.0		46.0	180.0	31.0	15.0	55.0	15.0	12.0
	Media		0.0		1.0	0.4	0.3	0.6	0.8	0.0	0.0
	Err. Std.		0.0		2.3	1.4	1.1	1.6	2.2	0.0	0.0
0	N	46.0	38.0	25.0	65.0	76.0	45.0	52.0	20.0	46.0	81.0
	Media	1.6	1.2	1.1	0.8	0.6	0.6	0.4	2.1	0.5	0.4
	Err. Std.	2.8	3.4	2.5	2.3	0.9	1.3	1.4	3.4	1.2	1.1
1	N	28.0	51.0	67.0	32.0	23.0	145.0	56.0	5.0	42.0	77.0
	Media	2.2	4.1	0.6	0.8	0.7	0.7	1.5	2.3	1.2	0.5
	Err. Std.	2.8	8.6	1.3	1.5	0.9	1.6	3.8	4.1	1.4	1.1

Tabla 10. Estadística descriptiva de la CPUE media por temperatura.

Temperatura °C	N	CPUE (kg/h)	
		Media	Err. Std.
27	13	0.13	0.27
28	56	0.07	0.29
29	155	0.34	1.20
30	531	0.74	2.00
31	441	1.22	3.62
32	174	1.19	2.12
33	20	0.72	1.49

Tabla 11. Estadística descriptiva de la CPUE media de camarón blanco por profundidad.

Profundidad (m)	N	CPUE (Kg/h)	Err. Std.
7.8	216	1.30	0.276
15.1	346	1.40	0.321
25.4	317	1.19	0.269
35.4	112	0.29	0.725
44.6	223	0.01	0.717
54.7	96	0.00	0.729

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La biomasa y número de camarones estimados por el método de área de barrido se describe con detalle en los subcapítulos posteriores, a continuación presentamos el tamaño de muestra, media y error estándar por verano (Tablas 12 y 13).

Tabla 12. Estadística descriptiva de la biomasa de camarón blanco estimada por el método de barrido para cada verano (media $\times 10^6$ kg).

Verano	N	Media	Err. Std.
1992	74	1.488	0.454
1993	106	2.107	0.708
1994	92	0.666	0.117
1995	143	0.522	0.170
1996	279	0.257	0.086
1997	221	0.395	0.110
1998	123	0.699	0.207
1999	80	0.909	0.308
2000	103	0.420	0.124
2001	170	0.253	0.078

Tabla 13. Estadística descriptiva del número de individuos de camarón blanco estimada por el método de barrido.

Camarones ($\times 10^6$)	Veranos									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Media	49.889	70.641	22.332	17.488	8.627	13.248	23.422	30.473	14.075	8.472
Err. Std.	15.221	23.718	3.906	5.693	2.872	3.697	6.943	10.329	4.168	2.620
N	74	106	92	143	279	221	123	80	103	170

Temperatura superficial del mar

La temperatura superficial del mar para la época de verano en el área de estudio varió entre 26 y 33.3 °C; el mínimo fue registrado en 1996 y el máximo en 1997, respectivamente. La temperatura media superficial del mar para verano fue de 30.3°C, considerando todos los datos de temperatura media superficial de mar, para los veranos del periodo de 1992 a 2001.

La temperatura media superficial de mar (TMSM) para cada verano osciló en el tiempo (Figuras 4-6, Tabla 14); presentó dos máximos de 31.1°C y 30.9°C en los veranos de 1994 y 1997, respectivamente. Los mínimos fueron dos también; 29.3°C y 29.5°C registrados en los veranos de 1996 y 1999 respectivamente (Figura 4).

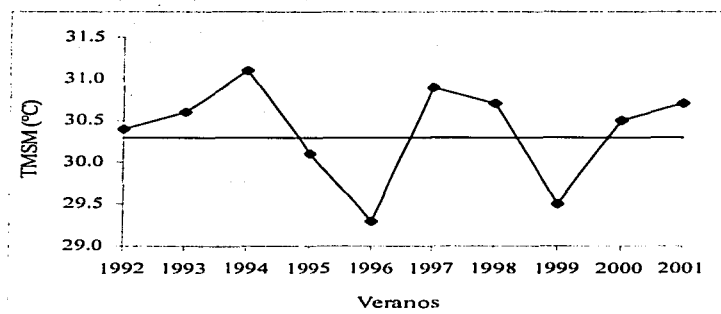


Figura 4. Temperatura media superficial del mar para cada verano, durante un período de 10 años. La línea recta representa la media de todos los datos de temperatura superficial del mar obtenidos durante el estudio (30.3 °C).

Tabla 14. Estadística descriptiva de la temperatura media superficial del mar (TSM) por verano.

Parámetros	Veranos									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
N	74	106	92	143	279	221	123	80	103	170
TSM °C	30.4	30.6	31.1	30.1	29.3	30.9	30.7	29.5	30.5	30.7
Err. Std.	0.6	0.8	0.6	0.7	1.1	1.1	0.7	0.7	0.8	0.7

En general, las isotermas superficiales del agua de mar son; aproximadamente paralelas a la línea de costa para el área de estudio (Figuras 5 y 6). Aunque puede apreciarse pequeños parches de temperatura que difieren entre uno y dos grados centígrados. El gradiente de temperatura principalmente se caracteriza por ser aproximadamente perpendicular a la línea de costa, con un incremento de la temperatura del mar hacia la costa (Figuras 5 y 6).

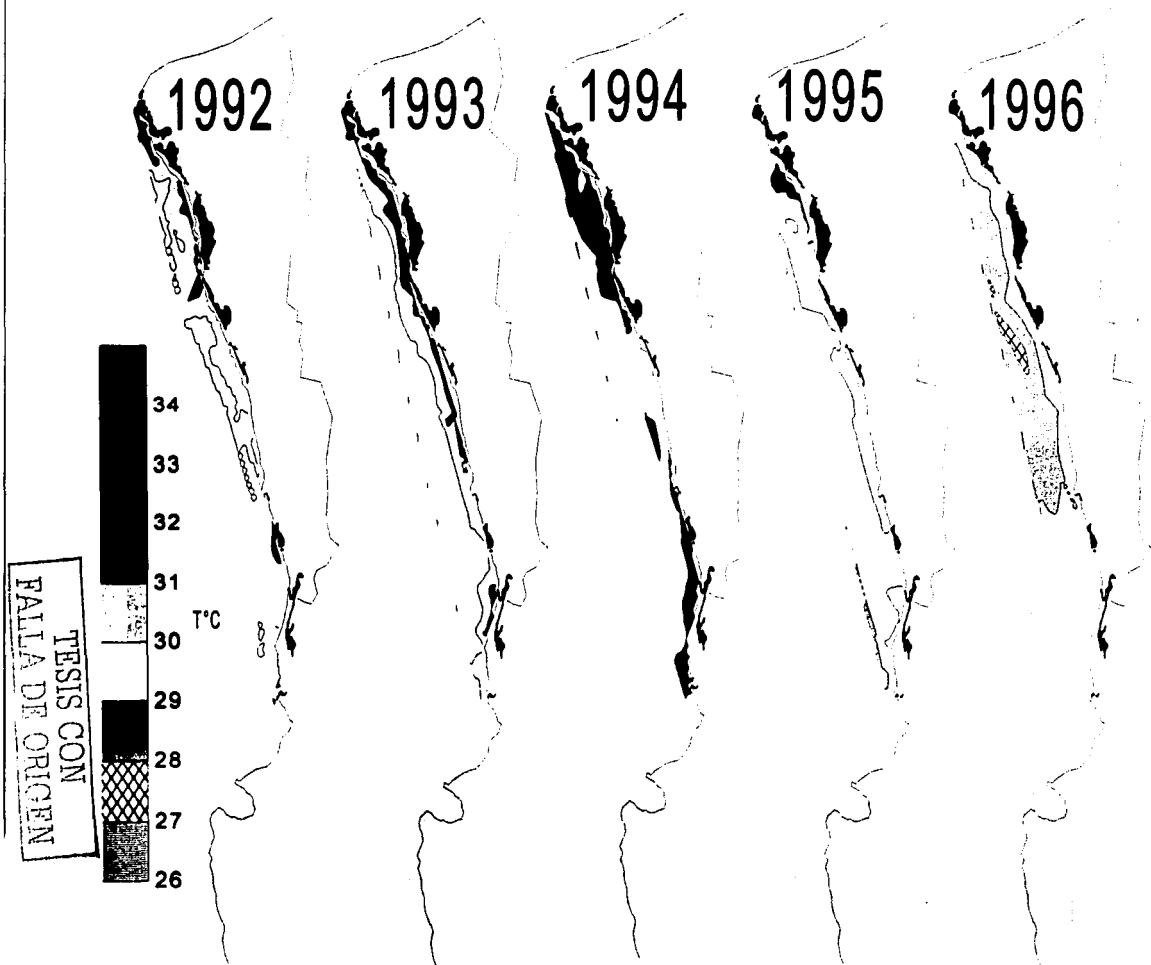


Figura 5. Mapas de isotermas para verano. Nota: en este estudio no se consideraron los cuerpos de agua costeros.

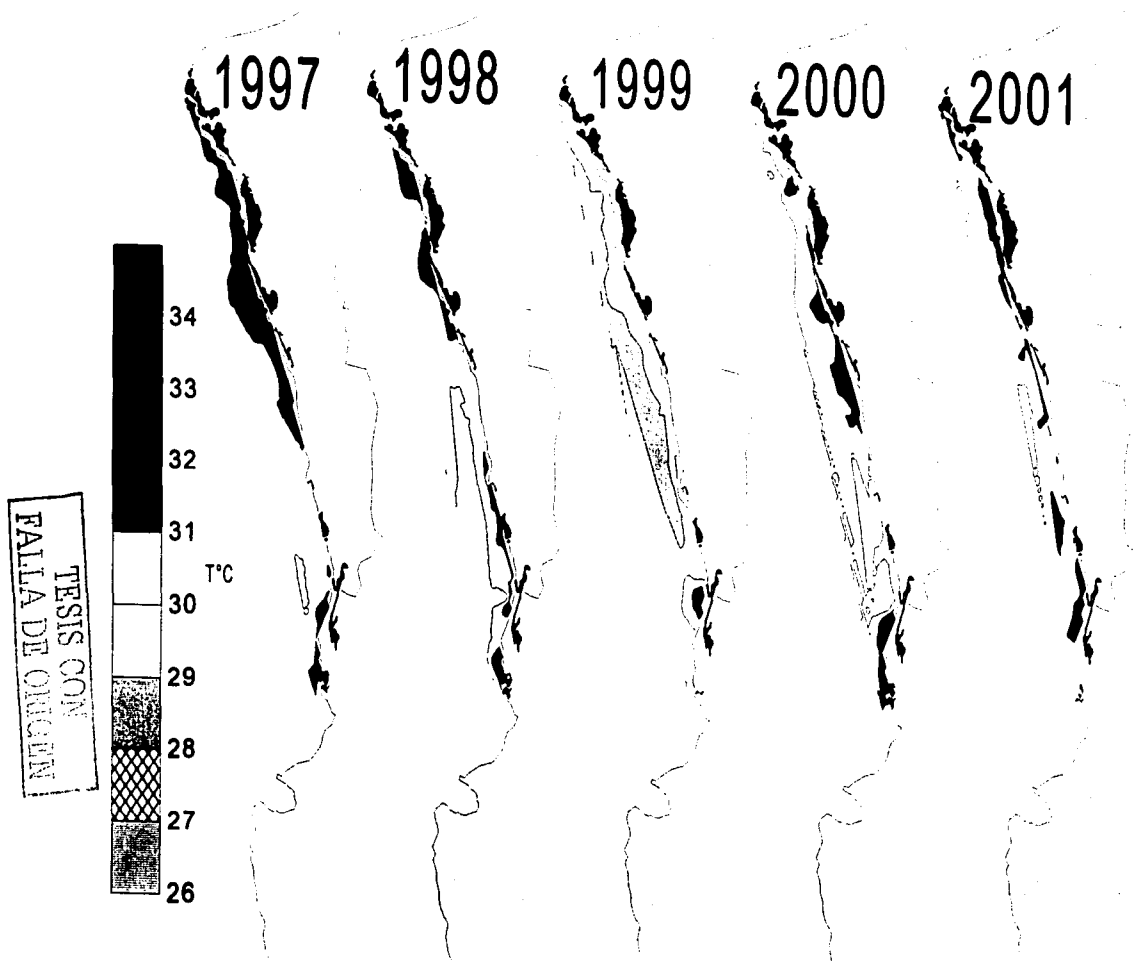


Figura 6. Continuación de lo mapas de isotermas para verano. Nota en este estudio no se consideraron los cuerpos de agua costeros

Distribución del camarón blanco

Al ajustar un modelo de Gauch y Whittaker (1972) a la CPUE de camarón blanco, dependiente de la temperatura media superficial del mar, se obtuvo un coeficiente de regresión igual a 0.98; el modelo explicó el 96.14% de la variación de la CPUE ($F = 30.27 \gg F_{(0.025, 3, 6)} = 6.59$ y $P = 0.0005$). Esto significa que no existe suficiente evidencia para rechazar el modelo ajustado (Figura 7). Las hipótesis nulas que plantean que los parámetros del modelo son diferentes de cero fueron rechazadas con una probabilidad $P \ll 0.001$. Los valores calculados para los parámetros del modelo de Gauch y Whittaker (1972) fueron: 1.3 kg/h para C_k ; 31.6°C μ y 1.9°C T_k . Con estos datos se construyó el intervalo de temperatura superficial de mar en el que se presenta un mejor rendimiento en la CPUE del camarón blanco, dicho intervalo va de 29.7°C a 33.5°C .

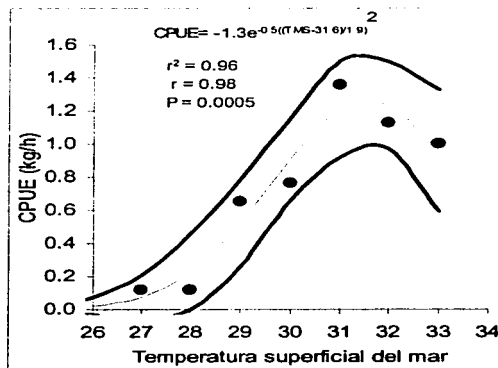


Figura 7. Distribución de la CPUE en función de la TMS; $31.6^\circ\text{C} \pm 1.9^\circ\text{C}$ es la temperatura superficial del mar óptima.

El camarón blanco presentó los mejores rendimientos en la CPUE entre 5 y 46 m de profundidad. Sin embargo, la abundancia de dicha especie más allá de 46 m de profundidad disminuye notablemente (Figura 8). La distribución del camarón blanco en un gradiente de profundidad fue descrita por un modelo de Weibull. Los resultados obtenidos de este análisis de regresión fueron un coeficiente de regresión igual a 0.98; el modelo explicó el 97.1% de la variación de la CPUE (la prueba de Fisher $P = 0.00008$). En general, las probabilidades de las pruebas de t para evaluar los parámetros de modelo ajustado, fueron $P < 0.001$ (Figura 8).

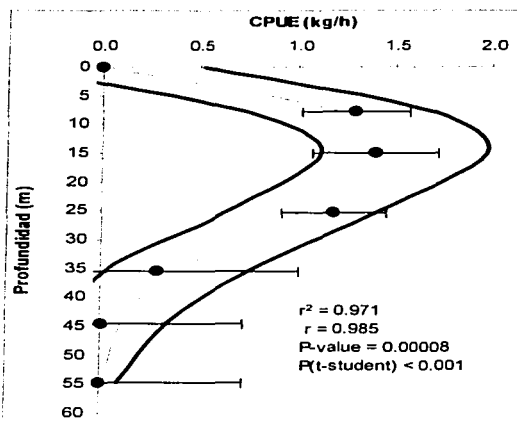


Figura 8. Distribución batimétrica de la CPUE de camarón blanco. Los puntos representan las medias de los valores observados. La línea delgada continua representa los valores predichos y las líneas gruesas son los intervalos de confianza del 95% para el modelo. La profundidad óptima para un mejor rendimiento en la CPUE es de 14.5 m.

Los valores de los parámetros del modelo de Weibull fueron: amplitud (a_0) igual a 1.5, centro (a_1) de 14.5, ancho hacia el lado derecho del centro (a_2) igual a 21.2 y ancho hacia el lado izquierdo del centro (a_3) de 1.9. La interpretación de dichos parámetros es la siguiente; la CPUE máxima estimada fue de 1.5 kg/h, a una profundidad de 14.5 m, el intervalo de rendimiento óptimo de la CPUE de camarón blanco va de 3 a 32 m, fuera de dicho intervalo la CPUE disminuye un 50% respecto a la mejor CPUE (Figura 8).

Las medias de las CPUEs de los veranos se distribuyeron de forma normal. La prueba de Kolmogorov-Smirnov demostró que no hubo suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula ($H_0: \mu=0, d=.26994, p> 0.20$; Figura 9). En la tabla 7 se muestra la estadística descriptiva de dicha variable.

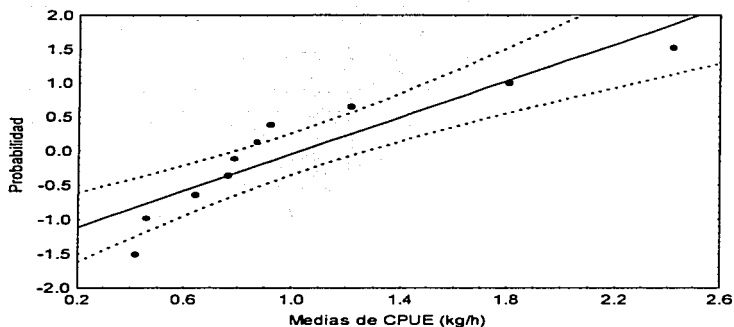


Figura 9. Distribución de probabilidad normal de las CPUE medias por verano, los círculos las probabilidades observadas, la línea negra representa las probabilidades esperadas, las líneas punteadas, representa los límites de 95% de confianza.

Los mapas de distribución espacial de las medias de CPUE (MCPUE) de camarón blanco a través del tiempo nos revelan los siguientes resultados: en el año de 1992, la mayor MCPUE (5.0 kg/h), fue registrada frente a los sistemas lagunares: de Sta. Ma. La Reforma, Altata Ensenada del Pabellón y Teacapán (Figura 10). Hacia el norte del sistema Sta. Ma. La Reforma no se registró camarón blanco para este verano. Se puede apreciar que es mayor el área de distribución del camarón blanco en el sur que en el norte del área de estudio.

La distribución de MCPUE del camarón blanco en verano de 1993 se caracterizó por presentar MCPUE de 5.0 kg/h a la altura de Altata Ensenada del Pabellón, al norte de Ceuta y desde Huizache-Caimanero hasta San Blas, Nayarit. En el norte del área de estudio se registró una MCPUE de 0.5 kg/h frente a Sta. María La Reforma, Navachiste-San Ignacio, Topolobampo-Ohuira y Macapule. Desde el sur de la laguna de Ceuta hasta Huizache-Caimanero la MCPUE varió entre 2.0 y 0.5 kg/h. En la parte más retirada de la costa del área de muestreo, se presentó una franja de distribución de camarón blanco, que va de sur a norte con MCPUE que varió entre 0.5 a 5.0 kg/h (Figura 10).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

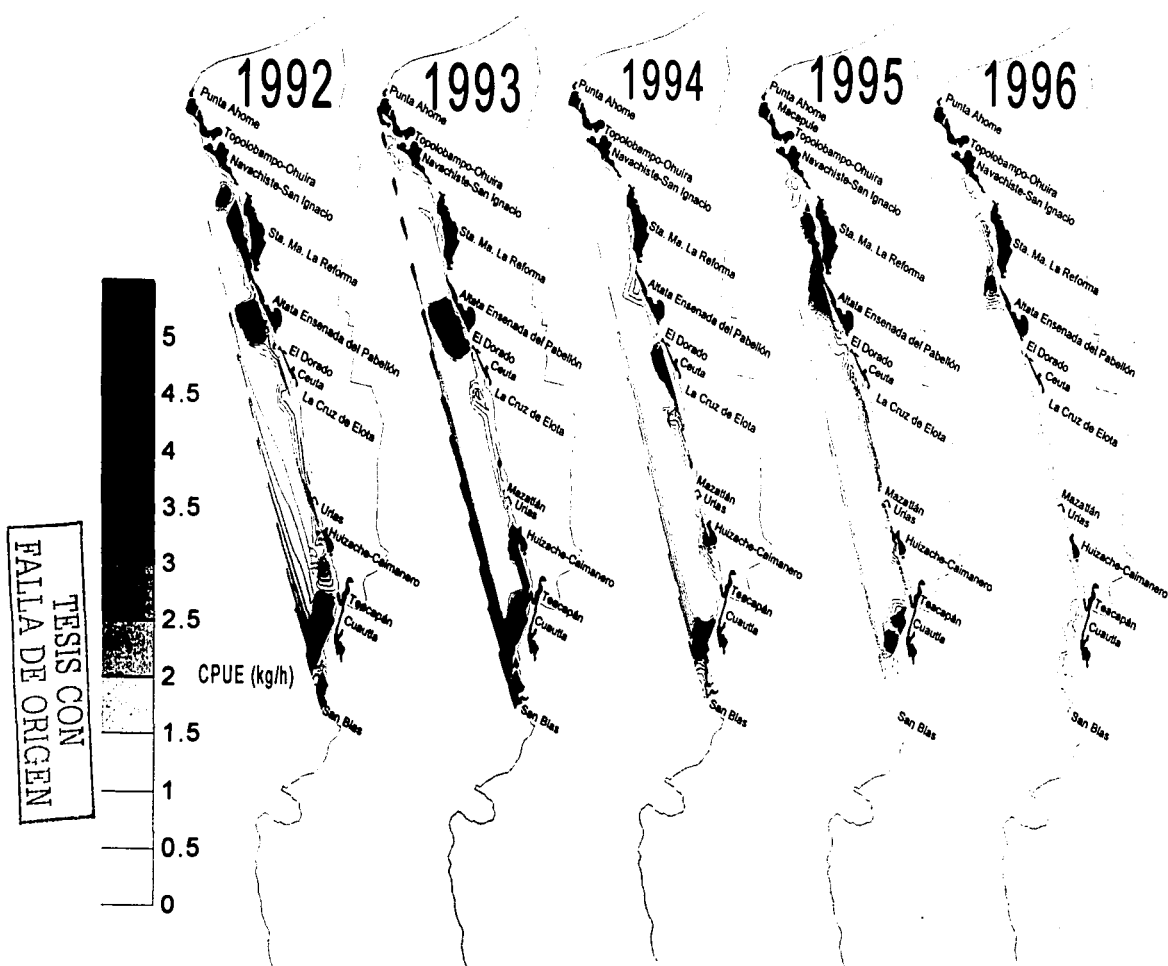


Figura 10. Mapas de distribución de la CPUE de camarón blanco para los veranos. Nota: no se consideraron los cuerpos de agua costeros.

En verano de 1994, la distribución de la MCPUE de camarón blanco fue de 5.0 kg/h frente a la laguna de Ceuta y al sur de la boca de Cuautla. En general la MCPUE disminuyó considerablemente respecto a los años anteriores; hacia el norte no se registró camarón blanco. Su presencia se detectó frente a los sistemas Sta. Ma. La Reforma y Altata Ensenada del Pabellón, con MCPUE que variaron entre 0.5 y 1.5 kg/h; a la altura de la Cruz de Elota hasta el norte de la boca de Teacapán la CPUE varió entre 0.5 y 3.0 kg/h; lejos de la costa se presentó una zona de MCPUEs que variaron entre 0.5 y 2.0 kg/h (Figura 10).

Las MCPUEs para el verano de 1995 se caracterizaron por presentar el valor máximo de 5.0 kg/h, frente a los sistemas costeros de Sta. Ma. La Reforma, Altata y Teacapán. El área que abarcó la isolínea de MCPUE máxima fue menor que en los años anteriores (Figura 10). En general el camarón se distribuyó desde el norte hasta el sur del área de estudio, su presencia se detectó frente al sistema lagunar Navachiste-San Ignacio con MCPUEs entre 0.5 y 1.0 kg/h, posteriormente hubo una discontinuidad en la presencia del camarón blanco, pero volvió a detectar su presencia desde el norte de Sta. Ma. La Reforma hasta el sur de la boca de Cuautla. Las isolíneas de MCPUEs con valores entre 0.5 y 2.0 kg/h abarcan un área que comprende desde el sur de Altata hasta la boca de Teacapán. En la parte más externa de la plataforma continental del área de estudio se registraron MCPUEs entre 0.5 y 1.0 kg/h que van del sur hasta la altura de Altata (Figura 10).

El verano de 1996 se caracterizó por una disminución en las MCPUEs, inferiores a los veranos de años anteriores, la MCPUE máxima registrada fue de 3.5 kg/h, la cual abarca un área pequeña entre Altata y Sta. Ma. La Reforma. Hacia el norte del área de estudio se registró camarón blanco hasta el sistema de Navachiste-San Ignacio con unas MCPUEs que variaron entre 1.0 y 1.5 kg/h; hacia el sur, paralelo y cerca a la costa se encuentra la isolínea de MCPUE de 0.5 kg/h que va desde el sistema de Ceuta hasta el norte de Mazatlán; en donde se interrumpió la presencia de camarón blanco, volvió a estar presente esta especie de camarón desde Huizache-Caimanero hasta San Blas, Nayarit; con valores de las MCPUEs entre 0.5 y 1.5 kg/h (Figura 10).

La distribución espacial en verano de 1997, presentó una MCPUE máxima de 3.5 kg/h frente al sistema lagunar de Ceuta, también frente a Huizache-Caimanero, se presentó dicho máximo. Sin embargo, el área que abarca este nivel de isolínea es inferior, a la que esta frente a Ceuta. Hacia el norte se encontró una pequeña área con CPUE entre 0.5 y 1.0 kg/h, después su distribución del camarón blanco se interrumpió hasta el norte de Sta. Ma. La Reforma, donde empezó haber MCPUEs entre 0.5 y 1.5 kg/h, hacia el sur se incrementó la MCPUE de tal manera que alcanzó un valor de 3.0 kg/h frente al Dorado. Las isolíneas fueron paralelas a la línea de costa, hasta la Boca de Teacapán, donde se interrumpió la distribución de camarón blanco, volvió a registrarse camarón blanco al sur de la boca de Cuautla hasta San Blas, donde las MCPUEs alcanzaron valores entre 0.5 y 1.0 kg/h (Figura 11).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

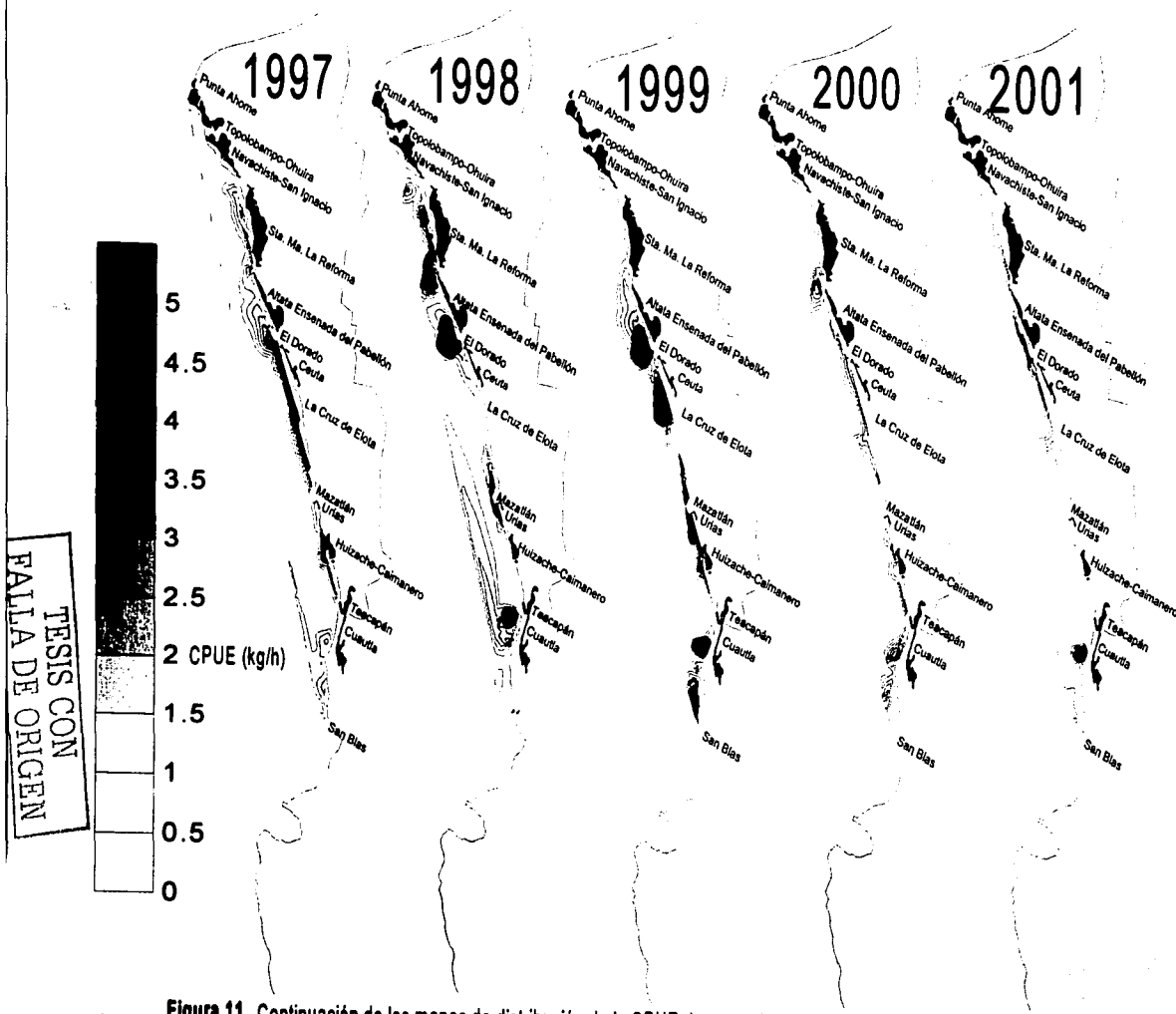


Figura 11. Continuación de los mapas de distribución de la CPUE de camarón blanco para los veranos.

En verano de 1998 la presencia de camarón blanco empezó al norte del área de estudio, a la altura de Sta. Ma. La Reforma con MCPUEs entre 0.5 y 2.0 kg/h. Entre Sta. Ma. La Reforma y Altata se registró una MCPUE máxima de 5.0 kg/h; frente al Dorado, Urias y Teacapán, también se presentó un área con este mismo valor en la CPUE, pero que abarcó menor área que las del norte. A diferencia de otros veranos, las isolíneas de MCPUEs con valores entre 0.5 y 1.0 kg/h que se originan en Teacapán, forman una figura en pluma hacia mar adentro y hacia el norte, hasta aproximadamente la Cruz de Elota (Figura 11).

El verano de 1999 en cinco lugares del área de estudio se registraron las MCPUEs máximas de 5.0 kg/h de camarón blanco, estos sitios fueron: frente al Dorado, al sur de Ceuta, entre Urias y Huizache-Caimanero. La distribución de camarón blanco en el sur empieza cerca de San Blas, Nayarit, hasta al sur de la Boca de Teacapán. Continuó la presencia de camarón blanco, desde el norte de la boca de Teacapán hasta el norte de Mazatlán. Después se interrumpió la presencia de camarón blanco y empezó al sur de Cruz de Elota hasta Sta. María La Reforma con CPUEs entre 0.5 y 1.0 kg/h. Más al norte se volvió a registrar camarón con una CPUE de 0.5 kg/h a la altura del sistema de Navachiste-San Ignacio. En general la MCPUE de camarón blanco se recuperó desde la caída 1994 (Figura 11).

La distribución de la MCPUE de camarón blanco en el espacio para el verano del 2000, fue caracterizada por la ausencia de valores del orden de 5.0 kg/h, el valor máximo registrado fue de 3.0 kg/h encontrado frente a Cuautla. En general las CPUEs disminuyeron considerablemente respecto a los veranos anteriores (Figura 11), las isolíneas de las CPUEs presentaron valores entre 0.5 y 2.0 kg/h, estas fueron paralelas a la línea de costa, y casi completamente continuas desde Sta. Ma. La Reforma hasta San Blas, Nayarit, solo hubo una pequeña discontinuidad a la altura de Mazatlán en la distribución del camarón blanco (Figura 11).

El 2001 es el último verano muestreado para esta serie de tiempo analizada de las MCPUEs de camarón blanco, la cual abarcó un área inferior con relación a los años anteriores. La MCPUE máxima fue de 4.5 kg/h y se registró a la altura de la boca de Cuautla. La distribución de las MCPUEs de camarón blanco se interrumpió al norte de la boca de Cuautla, volvió a registrarse hasta el norte de Huizache-Caimanero, con una CPUE de 0.5 kg/h. Se volvió a interrumpir la distribución del camarón blanco al sur de Urias. Inició nuevamente la distribución de camarón blanco al norte de Mazatlán, donde se registró la MCPUE de 0.5 kg/h, hacia el norte se incrementó la MCPUE hasta 3.0 kg/h frente al Dorado. Después disminuyó la MCPUE hasta 2.0 kg/h frente al sistema Sta. Ma. La Reforma, al norte de este último sistema se interrumpió la distribución de camarón blanco. Se registró una vez más camarón blanco frente del sistema de Navachiste-San Ignacio con MCPUE de 0.5 kg/h. La distribución de camarón blanco este verano en la parte más externa de la plataforma continental del área de estudio, solo se registró hacia el sur a la altura de San Blas, Nayarit (Figura 11).

La CPUE media de camarón blanco calculada para cada verano alcanzó su máximo valor en el verano de 1993. El verano siguiente cayó en un 69% respecto al valor máximo, para el verano de 1996 había descendido un 81%. En los veranos siguientes se recupera en un 20%, pero vuelve a caer hasta un 82% para el verano de 2001. En resumen, las CPUEs de los veranos de cada año de 1992 al 2001 presentaron una tendencia a la disminución (Figura 12).

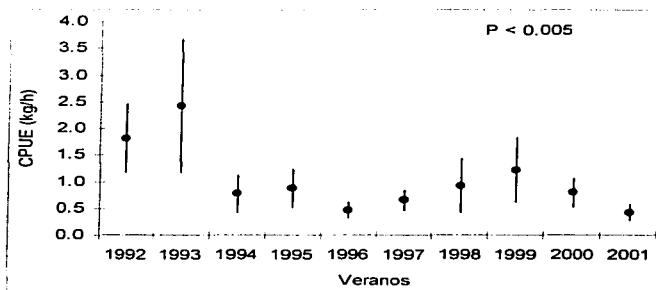


Figura 12. Medias de CPUE a través del tiempo, las barras verticales representan \pm un error estándar.

El análisis de varianza de los datos descritos en los párrafos anteriores, demuestra diferencias significativas entre las medias de las CPUEs de los veranos de cada año, subzona y anomalía de temperatura superficial del mar (Tabla 15, Figuras 13-15). Sin embargo, no se encontró suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula que planteó, que las medias de las CPUEs por zonas son iguales (Figura 14).

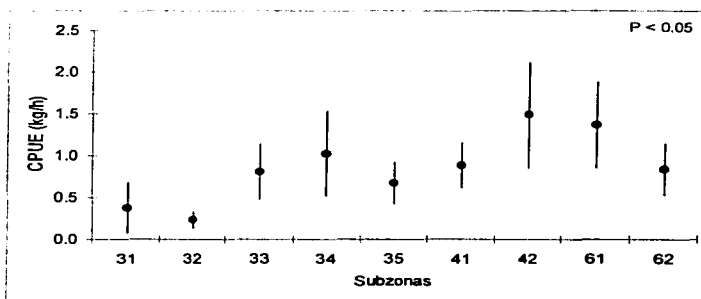


Figura 13. Medias de CPUE por subzonas (círculos); las barras representan ± 1.96 veces la desviación estándar. Las subzonas están ordenadas de norte a sur.

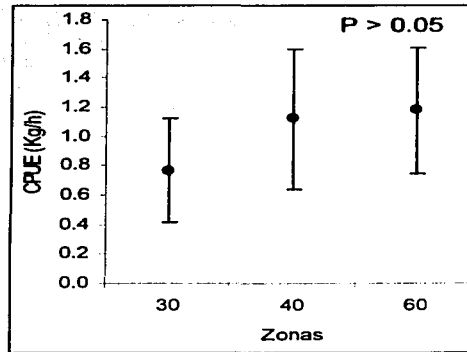


Figura 14. Medias de CPUE de camarón blanco respecto a la zona, ordenadas de norte a sur. Los círculos representan la media, y las barras verticales representa los límites del 95% de confianza. La zona 30 abarca desde Punta Ahome hasta el norte de Mazatlán (Cerritos), Sinaloa; la zona 40 abarca desde Cerritos, Sinaloa hasta la boca de Cuautla, Nayarit donde empieza la zona 60 hasta Punta Mita, Nayarit aproximadamente.

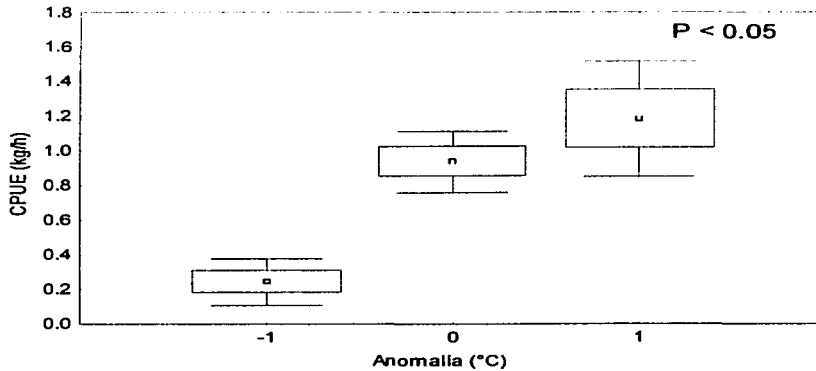


Figura 15. Medias de CPUE por anomalía de temperatura superficial del mar. El cuadro del centro es la media, el rectángulo es ± 1.0 desviación estándar y las barras son ± 1.96 la desviación estándar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 15. Resultados de análisis de varianza arreglado de manera factorial, donde se analizó la variable dependiente CPUE de camarón blanco de alta mar, en función de los factores; tiempo (Año), espacio (Subzona), temperatura superficial del mar (Anomalía), y la interacción de dichos factores señalados por la combinación de números. La probabilidad de rechazo de las diferentes hipótesis nulas en negritas representan diferencia significativa entre las medias de CPUE.

Fuente de variación	g.l. del Efecto	SCM del Efecto	g.l. del Error	SCM del Error	F	p
{1}Año	9	47.94	1325	5.40	8.88	< 0.01
{2}Subzona	9	28.82	1325	5.40	5.34	< 0.01
{3}Anomalía	2	62.96	1325	5.40	11.66	< 0.01
1*2	73	11.35	1325	5.40	2.10	< 0.01
1*3	12	15.60	1325	5.40	2.89	< 0.01
2*3	17	4.48	1325	5.40	0.83	0.659
1*2*3	58	8.55	1325	5.40	1.58	< 0.01

En cuanto a la interacción entre distintos factores como son el tiempo (verano de cada año), la subzona y la anomalía de la temperatura superficial del mar, se encontraron diferencias significativas entre las interacciones año-subzona, año-anomalía, año-subzona-anomalía (Tablas 15-18, Figuras 16 y 17).

Las comparaciones múltiples por medio de la prueba de intervalos múltiples y críticos de Duncan (1955), identificaron y comprobaron las diferencias significativas entre las medias de CPUE por: verano (año), subzona y anomalía. Las medias de CPUE de los veranos 1992, 1993 y 1999 fueron mayores que el resto de los veranos con valores de 1.8, 2.4 y 1.2 kg/h respectivamente (Tabla 16 y Figura 12). Respecto a las subzonas, las CPUE inferiores que las demás fueron las subzonas 31 y 32 (norte de Sinaloa), con valores de 0.3 y 0.2 kg/h respectivamente. Las medias de las CPUEs de las subzonas 42 y 61 fueron superiores a las demás, con valores de 1.4 y 1.3 kg/h, respectivamente. Dichas subzonas se extienden desde de la Boca de Teacapán hasta río Verde en Nayarit (Figura 13 y Tabla 17). La superficie de respuesta en dos dimensiones de la interacción de año-subzona de la variable dependiente CPUE, representa un efecto sinérgico. Se aprecia una tendencia de incremento de la CPUE hacia la parte sur del área de estudio y una disminución de la misma variable respecto al tiempo (Figura 16).

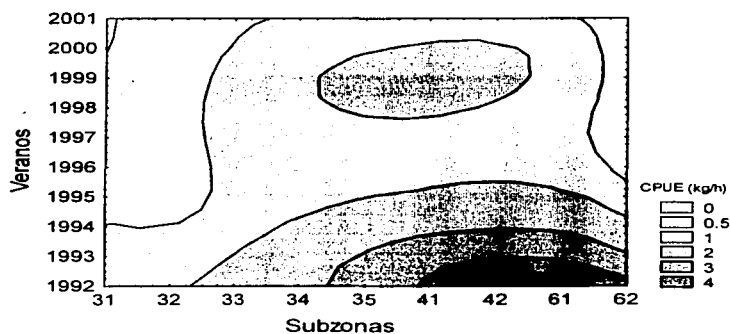


Figura 16. Superficie de respuesta en dos dimensiones de la interacción de tiempo y espacio (verano de cada año y subzonas respectivamente) para la variable dependiente CPUE del camarón blanco. Las subzonas están ordenadas de norte a sur (31 a 62 respectivamente).

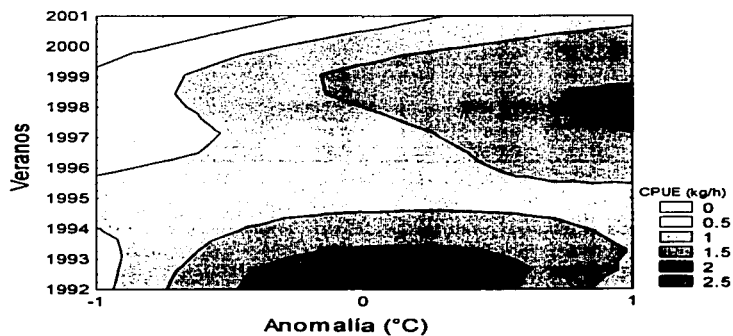


Figura 17. Superficie de respuesta de la interacción de tiempo (verano de cada año) y anomalía de la temperatura superficial del mar en dos dimensiones para la variable dependiente CPUE del camarón blanco.

Tabla 16. Comparaciones múltiples para la CPUE por veranos, las celdas en negro son significativas con $P < 0.05$.

<i>Prueba de intervalos múltiples y críticos de Duncan (1955)</i>												
Veranos	N	Media	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1992	74	1.8										
1993	106	2.4	0.06									
1994	92	0.8	0.00	0.00								
1995	143	0.9	0.00	0.00	0.74							
1996	279	0.5	0.00	0.00	0.41	0.27						
1997	221	0.6	0.00	0.00	0.73	0.53	0.58					
1998	123	0.9	0.00	0.00	0.65	0.88	0.23	0.46				
1999	80	1.2	0.07	0.00	0.21	0.32	0.04	0.13	0.36			
2000	103	0.8	0.00	0.00	0.82	0.61	0.51	0.89	0.53	0.15		
2001	170	0.4	0.00	0.00	0.34	0.22	0.86	0.49	0.18	0.04	0.43	

Tabla 17. Comparaciones múltiples para la CPUE por subzona, las celdas en negro son significativas con $P < 0.05$.

<i>Prueba de intervalos múltiples y críticos de Duncan (1955)</i>										
<i>Diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)</i>										
SUBZONAS	31	32	33	34	35	41	42	61	62	N
31										85
32	0.57									183
33	0.23	0.09								169
34	0.05	0.01	0.39							130
35	0.35	0.16	0.69	0.25						186
41	0.29	0.12	0.81	0.32	0.85					209
42	0.00	0.00	0.03	0.16	0.01	0.02				118
61	0.01	0.00	0.18	0.58	0.10	0.14	0.35			209
62	0.30	0.13	0.83	0.31	0.83	0.97	0.02	0.14		74

Tabla 18. Comparaciones múltiples para la CPUE por anomalía de la temperatura superficial del mar, las celdas en negro son significativas con $P < 0.05$.

<i>Prueba de intervalos múltiples y críticos de Duncan (1955)</i>					
Anomalías	-1	0	1	Medias	N
-1				0.24	371
0	0.001			0.94	494
1	0.000	0.239		1.18	526

La interacción año-anomalía también tiene efectos sobre la CPUE. La superficie de respuesta en dos dimensiones muestra unos incrementos de la CPUE de camarón blanco en anomalías 0 y 1. En especial en los años que predominaron temperaturas cálidas y tropicales, presentan valores superiores de CPUE (periodos de 1992 a 1994 y 1996 a 1998; Tabla 18 y Figura 17).

Evaluación de la biomasa

La biomasa estimada de camarón blanco para el área de estudio, por el método de área de barrido para cada verano de 1992-2001, presentó una tendencia general de disminución. El valor máximo de biomasa estimado fue para el verano de 1993, con una media de 2,017 toneladas lo cual equivale a 71×10^6 individuos de *Litopenaeus vannamei*. La biomasa mínima estimada fue de 253 toneladas de camarón blanco para el verano del 2001, que equivalen a 8×10^6 camarones (Figuras 18 y 19).

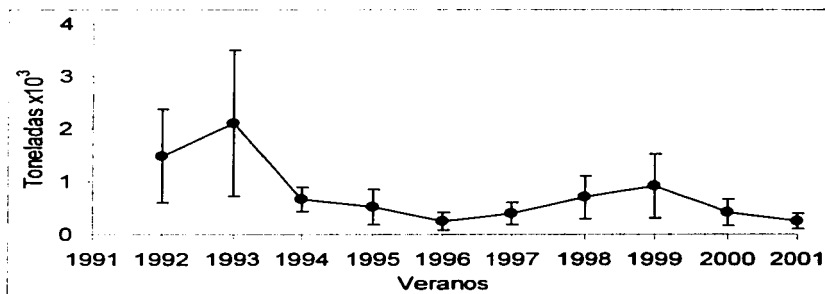


Figura 18. Biomasa residente de camarón blanco calculada por el método de área de barrido, para el área estudio. Los puntos representan la biomasa media, las barras verticales representan el intervalo de confianza del 95%.

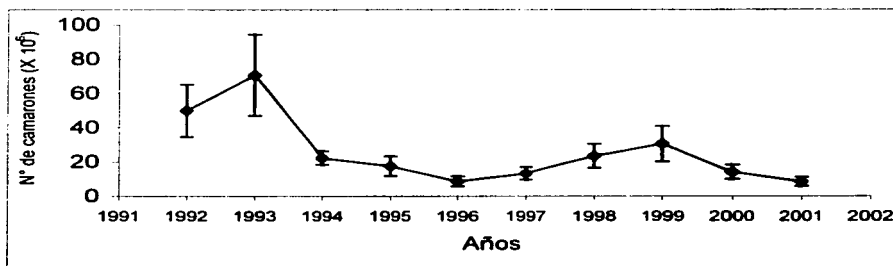


Figura 19. Número de camarones de *Litopenaeus vannamei* para cada verano para el área de estudio.

Los resultados obtenidos sobre la estimación de los parámetros poblacionales del camarón blanco; por medio del ajuste del modelo dinámico de Schaefer (1954) con error de observación y de proceso, se describen en la tabla 19. Los valores estimados de los parámetros K y r; por error de observación y proceso no mostraron suficiente evidencia de que fueran diferentes $P(X^2,1) > 0.05$. Sin embargo, la capacidad de carga (K) fue superior por error de proceso que por el error de observación. La tasa intrínseca de crecimiento (r) fue inferior por error de observación, que por error de proceso; el coeficiente de vulnerabilidad (q) no fue diferente significativamente $P(X^2,1) > 0.05$ (Tabla 19, Figuras 20 y 21).

De acuerdo a las estimaciones, la proporción de biomasa residente para 1992 respecto a la capacidad máxima de carga fue estimada en 0.70 y 0.83 por incertidumbres de observación y proceso respectivamente (Tabla 19). La biomasa residente actual (1999) para la población de camarón blanco de alta mar disminuyó en un 43%, respecto al tamaño de la biomasa inicial histórica sometida a pesca, esta fue estimado por incertidumbre de proceso. Esta misma proporción de la biomasa residente actual estimada por incertidumbre de observación fue de 75%.

Los índices de abundancia relativos de camarón blanco (CPUEs) estimados para cada verano; por error de observación fueron satisfactorios, los datos observados quedan dentro de las bandas del 95% de confianza (Figura 22). Por error de proceso la estimación del índice de abundancia relativa fue subestimado solo para el verano de 1993 (Figura 23). Sin embargo, los porcentajes de la variación explicada (r^2) para la CPUE por errores de observación y proceso fueron de 27.83% y 15.37%, respectivamente.

Tabla 19. Valores estimados para los parámetros poblacionales del camarón blanco. Capacidad de carga del medio (K), tasa intrínseca de crecimiento de la población (r), coeficiente de vulnerabilidad (q), la proporción de la biomasa respecto al tamaño virgen de la población (δ).

Parámetros poblacionales de camarón blanco de alta mar Modelo dinámico de Schaefer (1954)					
Error de Observación		Intervalos de confianza		Unidades	
Parámetro	Estimado	+95%	-95%		
K	4646342	5041833	4317148	Kilogramos	
r	0.69	0.81	0.61	x100%	
q	0.0000006	0.0000008	0.0000004	x100%	
σ	0.64	-	-	-	
δ	0.70	1.00	0.58	-	
Error de Proceso		Intervalos de confianza		Unidades	
Parámetro	Estimado	+95%	-95%		
K	6505330	8500000	3700000	Kilogramos	
r	0.75	1.35	0.11	x100%	
q	0.0000004	0.00000057	0.00000013	x100%	
σ	0.68	-	-	-	
δ	0.83	1.00	0.20	x100%	

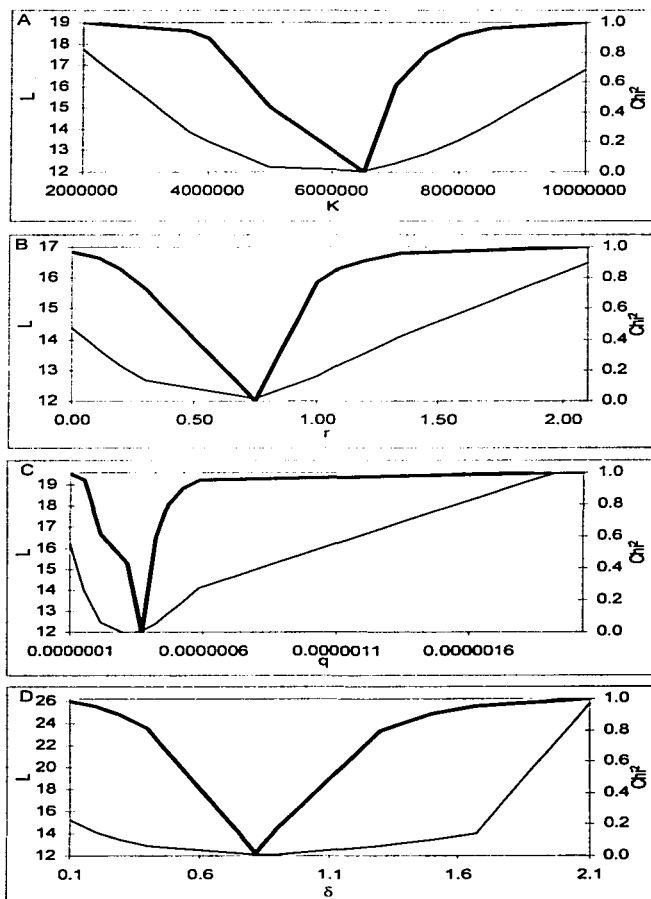


Figura 20. Superficie de respuesta del negativo del logaritmo natural de la verosimilitud (L) para los diferentes parámetros poblacionales del camarón blanco, con incertidumbre de proceso. A) capacidad de carga K ; B) tasa intrínseca de crecimiento r ; C) coeficiente de vulnerabilidad y D) coeficiente de proporcionalidad de la biomasa respecto a la virgen (δ). La línea delgada representa el negativo del logaritmo natural de la verosimilitud (L); la línea gruesa representa la probabilidad de una distribución $\chi^2_{1,0.05}$, de que sea X valor para algún parámetro.

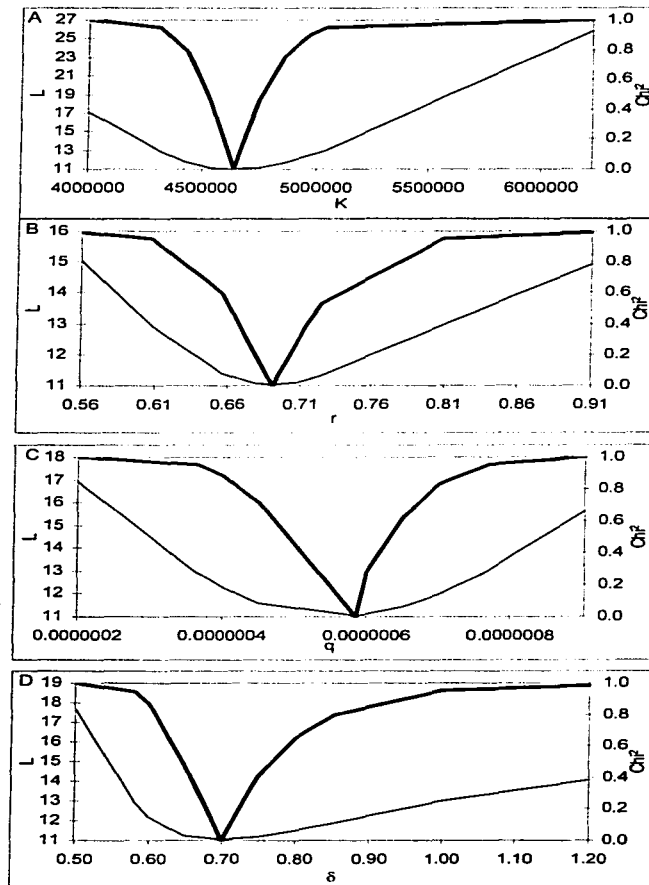


Figura 21. Superficie de respuesta del negativo del logaritmo natural de la verosimilitud (L) para los diferentes parámetros poblacionales del camarón blanco, con incertidumbre de observación. A) capacidad de carga K ; B) tasa intrínseca de crecimiento r ; C) coeficiente de vulnerabilidad y D) coeficiente de proporcionalidad de la biomasa respecto a la virgen (δ). La línea delgada representa el negativo del logaritmo natural de la verosimilitud (L); la línea gruesa representa la probabilidad de una distribución $\chi^2_{1,0.05}$, de que sea X valor para algún parámetro.

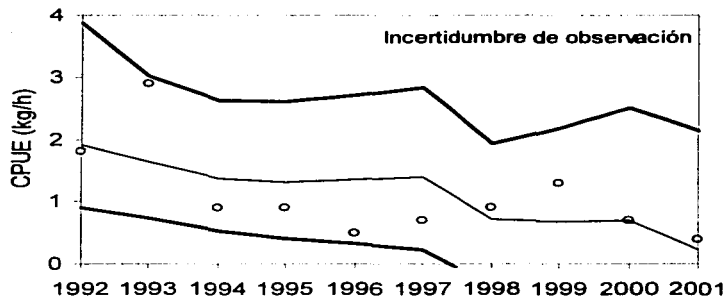


Figura 22. Respuesta del modelo estocástico de Schaefer con incertidumbre de observación. Los círculos son los valores observados; la línea delgada son los valores estimados; las líneas gruesas son los límites del intervalo del 95% de confianza.

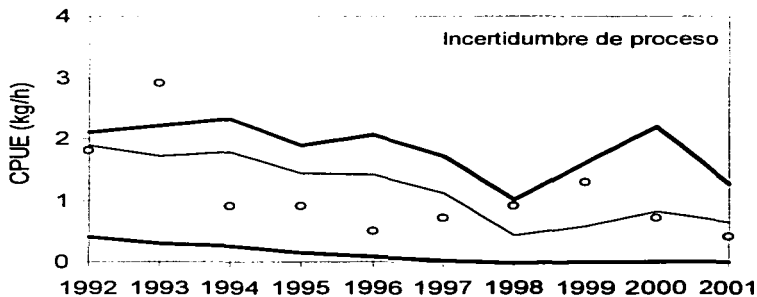


Figura 23. Respuesta del modelo estocástico de Schaefer con incertidumbre de proceso. Los círculos son los valores observados; la línea delgada son los valores estimados; las líneas gruesas son los límites del intervalo del 95% de confianza.

La producción máxima excedente, el tamaño de la población sometida a pesca, el esfuerzo requerido para alcanzar la producción excedente máxima, la tasa de explotación máxima y el esfuerzo máximo, fueron inferiores por error de observación que por proceso, solo la tasa de explotación para alcanzar la producción máxima excedente es semejante. Esto se debe a los valores inferiores estimados de la capacidad de carga (K) y de la tasa intrínseca de crecimiento (r) por error de observación (Tabla 20).

Tabla 20. Interpretación de los parámetros poblacionales del camarón blanco calculados.

Relación de Parámetros Poblacionales para Camarón Blanco				
Error de observación				
Concepto	Formula	Valor	Unidades	
Producción excedente máxima (Producción máxima sostenible)	$0.25rK$	802993	Kilogramos	
Tamaño de la población sometida a pesca expresada en biomasa	$0.5K$	2323171	Kilogramos	
Tasa de explotación para alcanzar la producción excedente máxima	$0.5r$	0.35	X 100%	
Esfuerzo requerido para alcanzar la producción excedente máxima	$0.5rq^{-1}$	591937	Horas	
Tasa de explotación máxima	r	0.69	X 100%	
Esfuerzo máximo	rq^{-1}	1183875	Horas	
Error de proceso				
Concepto	Formula	Valor	Unidades	
Producción excedente máxima (Producción máxima sostenible)	$0.25rK$	1020470	Kilogramos	
Tamaño de la población sometida a pesca expresada en biomasa	$0.5K$	3252665	Kilogramos	
Tasa de explotación para alcanzar la producción excedente máxima	$0.5r$	0.38	X 100%	
Esfuerzo requerido para alcanzar la producción excedente máxima	$0.5rq^{-1}$	1072062	Horas	
Tasa de explotación máxima	r	0.75	X 100%	
Esfuerzo máximo	rq^{-1}	2144123	Horas	

En el modelo dinámico de Schaefer, la biomasa residente de camarón blanco de alta mar estimada fue mayor respecto a la biomasa estimada por el método de área de barrido (Figura 24). La biomasa estimada por el método de área de barrido es semejante a la captura de la flota industrial solo en tres años es diferente significativamente 1997, 2000 y 2001 $P < 0.05$ (Figura 24). Los cambios bruscos en la pendiente de la biomasa concuerdan con los esfuerzos de pesca superiores al rendimiento máximo sostenible (RMS) (Figuras 24-27).

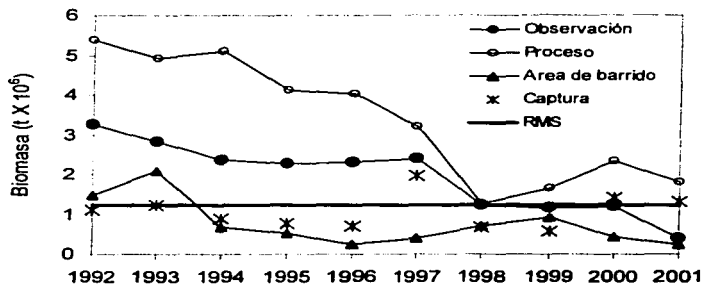


Figura 24. Biomasa residente del camarón blanco de alta mar estimada por diferentes métodos. RMS es el rendimiento máximo sostenible estimado por incertidumbre de proceso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

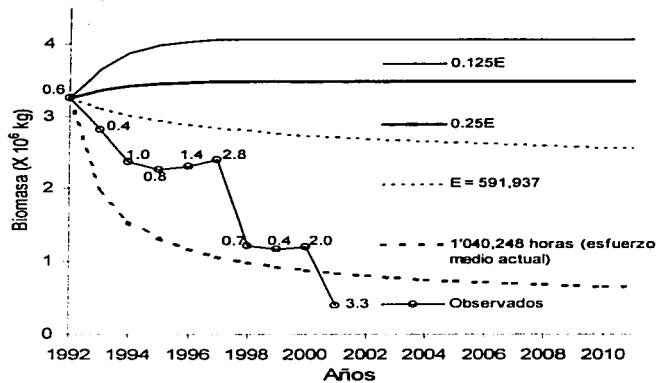


Figura 25. Simulación de la pesquería de camarón blanco de alta mar considerando los parámetros estimados por incertidumbre de observación. Cuatro diferentes escenarios donde varía el esfuerzo (E) a la que se puede someter la población de camarón blanco. Los números de la serie de los datos observados representa el esfuerzo $\times 10^6$ horas.

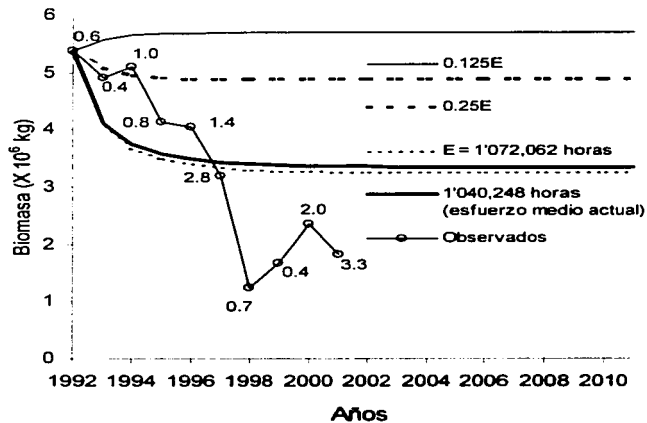


Figura 26. Simulación de la pesquería de camarón blanco de alta mar considerando los parámetros estimados por incertidumbre de proceso. Cuatro diferentes escenarios donde varía el esfuerzo (E) a la que se puede someter la población de camarón blanco. Los números de la serie de los datos observados representa el esfuerzo $\times 10^6$ horas.

La simulación de la tendencia de la biomasa de camarón blanco de alta mar para los 10 años pasados y los próximos 10 años, con el modelo dinámico de Schaefer (1954) en sus versiones determinística y estocástica (Figuras 25 y 26); arrojó los siguientes resultados: el esfuerzo máximo requerido para alcanzar la producción máxima excedente es sobre estimado tanto por el modelo determinístico como por el estocástico; en el caso de determinístico el esfuerzo óptimo donde se alcanza la capacidad máxima de carga fue estimado de 73,992 horas de trabajo de una flota pesquera de 600 barcos, una octava parte del esfuerzo máximo estimado. En la actualidad el esfuerzo medio al que está sometido el recurso camarón blanco es aproximadamente el doble del esfuerzo máximo estimado por el modelo en su versión determinística (Figura 25). Por el modelo estocástico el esfuerzo óptimo fue estimado en 134,007 horas de trabajo de la flota de alta mar; el esfuerzo medio actual al que esta sometido el recurso camarón blanco es aproximadamente el esfuerzo máximo estimado por el modelo (Figura 26).

El modelo de Schaefer (1954) en sus versiones estocástica y determinística, pospredicen un decremento de la biomasa en la última década como consecuencia de un esfuerzo superior al óptimo, estos resultados concuerdan con los observados, cuando el recurso camarón se sometió a grandes esfuerzos, hubo disminución considerables en la biomasa del año siguiente (Figuras 25-27).

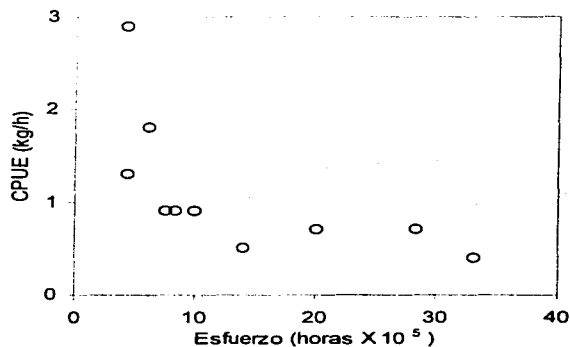


Figura 27. Diagrama de dispersión de las CPUE de camarón blanco de alta mar en relación con el esfuerzo pesquero.

Discusión

CPUE de camarón blanco de alta mar.

En general la CPUE de camarón blanco presentó una tendencia de disminución en la última década. La CPUE en los veranos 1992 y 1993 presentó unas medias y errores estándar superiores a otros veranos (Tabla 6 y Figura 12). Es posible que esto se deba a que en estos veranos fueron los primeros en que se estandarizó el monitoreo del camarón blanco en alta mar. Sin embargo, las medias acotadas fueron 1.6 y 1.8 kg/h para 1992 y 1993, respectivamente; valores similares a los calculados. La falta de datos reportados de CPUE de camarón blanco para las mismas fechas y área de estudio estandarizada en kg/h o kg/ha; no nos permite discernir si las medias estimadas son erróneas. Sin embargo, la biomasa estimada para la misma zona y tiempo por área de barrido a partir de la CPUE si nos permite comparar con otros trabajos que reportan biomasa y fueron semejantes las estimaciones, en el subcapítulo evaluación de la biomasa más adelante se retomará.

Temperatura superficial del mar

El intervalo de temperatura superficial del mar registrado para el área de estudio en verano es similar a los resultados obtenidos por: Hendrickx y Estrada-Navarrete (1994) de 27°C a 30°C, y Escalante-Escobar (2001) entre 27.6° a 31.0°C. Las temperaturas superficiales del mar registradas en este estudio representan la época de verano, ya que sólo se muestreo los meses de junio, julio y agosto. Para dicha época, el área de estudio es influenciada por las masas de aguas superficiales del Pacífico Tropical Oriental y subsuperficial subtropical (Álvarez-Borrego y Schwartzlose 1979; Lavín *et al.* 1997; Emilson y Alatorre 1997; Collins *et al.* 1997). La temperatura media superficial del mar (TMSM) para el período estudiado fue de 30.3 °C en el área de estudio, esto se debe a la influencia de las masas de agua anteriormente mencionadas. Se ha reportado una TMSM para verano de 29°C (Soto-Mardones *et al.* 1999); la cual difiere en 1.3°C de la reportada en este trabajo. Dicha diferencia quizás se deba a que dicho autor solo muestreo en mar abierto, así que la temperatura media superficial refleja las características térmicas del centro del golfo de California que es inferior al agua de la costa. Sin embargo, en este estudio las estaciones estuvieron cerca de la costa donde las temperaturas medias fueron > 29°C.

La TMSM por verano de la serie de 10 años osciló alrededor de 30.3 °C. Este comportamiento se explica por la influencia del Niño y de su contra parte la Niña. La influencia del Niño se caracteriza por el incremento en la temperatura superficial del mar, y de La Niña se refleja con una disminución en la temperatura (Ziveri y Thunell 2000; Brito-Castillo *et al.* 2000; Sánchez-Velasco *et al.* 2000; Wang y Fu 2000).

Las isotermas de agua superficial del mar para los veranos de 1992-2001 fueron paralelas a la línea de costa. El gradiente de temperatura se presenta

perpendicular a la línea de costa, con temperaturas más altas, cerca de la costa, resultados similares fueron obtenidos para la misma época del año por (Roden 1972; Soto-Mardones *et al.* 1999). Este efecto se debe a la Contracorriente Norecuatorial, que en verano presentan su máxima influencia (Álvarez-Borrego y Schwartzlose 1979); su mayor influencia es cuando se presenta el fenómeno de "El Niño" en su modalidad de intenso (Roden 1972; Lavín *et al.* 1997; Emilson y Alatorre 1997 Soto-Mardones *et al.* 1999).

Sin embargo, existen procesos puntuales que modifican el patrón general antes mencionado de la temperatura media superficial del mar, formando parches de agua, estos procesos son: surgencias costeras, vientos y efluentes de ríos (Roden 1972; Poli y Calderón-Pérez 1987; Calderón-Pérez y Poli 1987; Escalante-Escobar 2001). Dichos procesos se reflejaron al someterse las temperaturas a análisis de varianza. Las subzonas representan unidades fisiográficas regionales con características particulares como desembocaduras de ríos o cuerpo de agua costeros, a esto se deben las diferencias de temperatura entre subzonas.

Distribución vertical del camarón blanco

En general se encontró que el camarón blanco se distribuye en la parte somera de la plataforma continental. Con un mejor rendimiento de la CPUE media alrededor de los 14.5 m y su intervalo del 95% confianza (3-32 m) para verano. Se demostró que la CPUE de camarón blanco de alta mar en verano, puede ser predicha satisfactoriamente a partir de la profundidad, por medio de un modelo de Weibull, el cual tiene una figura de campana sesgada hacia el eje de las ordenadas (hacia la superficie del mar). La distribución vertical del camarón blanco de alta mar anteriormente descrita es posible que este asociada a la temperatura y oxígeno disuelto, como se ha propuesto para *Farfantepenaeus brevirostris* (Garduño-Argueta y Calderón-Pérez 1995). Sin embargo, en este trabajo no tenemos los datos necesarios para probar dicha cuestión.

Podemos inferir que posiblemente la distribución de camarón blanco de alta mar en verano refleja el ciclo de vida el camarón blanco. En verano el camarón blanco se recluta a la población reproductora que se encuentra cerca de la costa y busca condiciones óptimas para reproducirse, dichas condiciones posiblemente se dan a los 14.5 m; esto nos lleva a plantear varias preguntas: ¿la población de camarones blancos maduros permanece en esta profundidad o emigran a otras condiciones y por lo tanto a otra profundidad? Es posible que esto suceda, ya que en fase de larva hasta juvenil prefieren los cuerpos lagunares que son someros, lo cual sugiere no solo un ciclo de vida migratorio, si no también prefiere diferentes condiciones ambientales a través de su ciclo de vida.

Diversos estudios sobre la distribución de camarones del golfo de California, mencionan que la distribución vertical es diferente para cada especie de camarón, y el camarón blanco es una especie que se distribuye principalmente en aguas someras (Rodríguez de la Cruz 1981; Hendrickx 1995). En el norte del golfo de California Aragón-Noriega y colaboradores (1999) encontraron que el camarón

Farfantepenaeus californiensis se distribuye entre 9–38 m y el camarón *Litopenaeus stylirostris* entre 9-27 m. Chávez-Herrera (2001) comprueba que existe una correlación entre la profundidad y la CPUE según la especie de camarón; este mismo autor concluyó que el género *Farfantepenaeus* se distribuye a profundidades > 35 m en la plataforma de Sinaloa y Nayarit. El género *Litopenaeus* se distribuye a profundidades < 35 m en el golfo de California (Aragón-Noriega *et al.* 1999; Chávez-Herrera 2001).

Estos hechos mencionados anteriormente concuerdan que el intervalo de profundidad (5–45 m) es donde se encuentra camarón blanco en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit, concuerda con los resultados obtenidos por otros trabajos (Hendrickx 1985; 1986; 1993; Domínguez-Flores 1999, Chávez-Herrera 2001). Más allá de los 32 m de profundidad, la presencia de esta especie es rara, esto posiblemente se debe a que la temperatura del agua disminuye y esta especie prefiere temperaturas cálidas (Ponce-Palafox *et al.* 1997). Sin embargo, la profundidad máxima a la que se ha encontrado a esta especie fue de 72 m en el golfo de Tehuantepec (Hendrickx 1996; 2001).

Relación entre TMSM y CPUE de camarón blanco

El modelo que relaciona la CPUE de camarón blanco de alta mar con la temperatura superficial del mar, sugiere que puede ser un predictor satisfactorio de la CPUE en verano. En este trabajo se propone que la CPUE media de camarón blanco puede ser predicha a partir de la temperatura media superficial del mar con el modelo de Gauch y Whittaker (1972). El cual presenta una forma Gaussiana, donde el mejor rendimiento de captura de camarón blanco de alta mar se encontró en el intervalo estimado que va de 29.7° a 33.5 °C, fuera de dicho intervalo, la CPUE de camarón blanco disminuye en un 50 % (0.7 kg/h) según el modelo ajustado (Figura 7). Sin embargo, la falta de datos de CPUE de camarón blanco a temperaturas superficiales de mar >33°C, no permite corroborar la predicción del modelo antes mencionado, tampoco se ha realizado dicha corroboración en laboratorio.

Si consideramos que existe una distribución vertical de la temperatura del mar, que puede ser predicha a partir de la temperatura superficial del mar. Podemos estimar la temperatura del mar para el área considerada en este estudio a partir de la distribución vertical de temperatura reportada por Escalante-Escobar (2001). Por otro lado, también debemos considerar la profundidad media a donde se presentó una mejor CPUE de camarón blanco, la cual fue de 14.5 m. Así la temperatura superficial del mar a la que se registro un mejor rendimiento de camarón blanco fue 31.6°C; así la temperatura del mar a dicha profundidad fue estimada en 30.1°C, y su intervalo de confianza sería de 28.4° a 31.9°C. De esta manera tenemos puntos de referencia para poder comparar con otros trabajos y otras especies de camarón, aunque esto es una inferencia basada en extrapolaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La comparación del intervalo de distribución de temperatura con otras especies de camarón del mundo son: para el camarón *Pandalus borealis* Køyer, 1938 que habita en aguas frías, su temperatura óptima es alrededor de 18.2° C (Dow 1981). El camarón *Marsupenaeus japonicus* (Bate, 1888) presenta un intervalo óptimo entre 28° y 32°C semejante al del camarón blanco (Hewitt y Duncan 2001). Las postlarvas *Penaeus monodon* Fabricus, 1798 prefieren un intervalo de temperatura entre 20° y 25.6° C (Chen y Chen 1999). Las postlarvas de *Fenneropenaeus chinensis* (Osbeck, 1765) tiene un desarrollo óptimo entre 22° y 28°C de temperatura (Luqinq *et al.* 1997). El camarón cristal *Farfantepenaeus brevisrostris* se mueve a diferentes profundidades buscando el óptimo de temperatura y oxígeno disuelto. El intervalo de temperatura del mar en que se distribuye dicha especie de camarón entre 14.1° y 18.0 °C; y la temperatura a la que presenta un mayor densidad es de 17°C. Aunque se ha registrado a dicha especie a 24°C en densidades inferiores a 0.1 individuos por hectárea (Garduño-Argueta y Calderón-Pérez 1995).

La interpretación biológica del modelo de Gauch y Whittaker (1972) está fundamentada en el concepto de condición. La condición óptima es definida como aquella bajo la cual los individuos de la especie dejan más descendientes. Dicha condición es difícil de evaluar en campo, por lo que se miden indicadores como son tasa de crecimiento, reproducción, tasa de respiración, tasa de sobrevivencia o mortalidad y abundancia (Begon *et al.* 1995). En este trabajo podemos hablar de la condición térmica, cuyo indicador se consideró a la temperatura superficial del mar. La CPUE la consideramos un indicador de respuesta del camarón blanco a la condición térmica. Ya que la CPUE es un indicador relativo de la biomasa, esta última depende del número de camarones que llevan a cabo los procesos biológicos antes mencionados perpetuando la población a través del tiempo bajo condiciones ambientales favorables.

La figura descrita por el modelo Gauch y Whittaker (1972), se le llama curva de respuesta a la condición térmica, representada por el intervalo de temperatura superficial del mar con un mejor rendimiento de la CPUE de camarón blanco adulto de alta mar en verano. El intervalo óptimo lo define Begon y colaboradores (1995) como el intervalo de valores que toma un factor abiótico y en que la especie estudiada deja mayor número de descendientes. Sin embargo, en este trabajo no comprobamos como afecta la temperatura la descendencia o respuesta fisiológica del camarón blanco, pero otros científicos han realizado dichos trabajos bajo condiciones controladas y naturales, los cuales proponen intervalo óptimo entre 26° y > 30°C (Garduño-Argueta y Calderón-Pérez 1994; Ponce-Palafox *et al.* 1997; Pérez-Velázquez *et al.* 2001).

Sin embargo, en este estudio no se midieron las temperaturas de fondo, por lo que el lector puede tomar estos resultados como una primera aproximación, que sirven para el planteamiento de nuevos diseños de investigación en campo y laboratorio; con la finalidad de determinar la verdadera curva de condición térmica. Estrictamente hablando, estos resultados obtenidos demuestran una correlación de la CPUE de camarón blanco de alta mar y temperatura superficial de mar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Distribución espacial y temporal del camarón blanco

La CPUE de los veranos varió en tiempo y espacio. En general, para el periodo de 1992-2001 la CPUE marcó una tendencia de disminución en la biomasa de camarón blanco de alta mar. Esta disminución ha sido señalada por otros autores en la pesquería de camarón (Reyna-Cabrera y Ramos-Cruz 1998; Sierra-Rodríguez 2000; Chávez-Herrera 2001). En 1962 se obtuvo un máximo histórico en producción pesquera de alta mar del Pacífico mexicano, con 31,195 toneladas de cola de camarón. Para 1978 se registraron 14,900 toneladas de cola de camarón de las cuales el 18% fue de camarón blanco (Rodríguez de la Cruz 1981). La misma tendencia de disminución en la producción pesquera fue reportada para Sonora para el periodo de 1954-1990 (Rodríguez de la Cruz y Chávez-Ortiz 1996).

Sin embargo, existe un trabajo que reporta una tendencia de aumento en la CPUE para el estado de Nayarit, reportando 3.7 kg/h para la temporada 1990-1991 y 8.4 kg/h en la temporada 1992-1993 (Dominguez-Flores 1999). La tendencia concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo. Sin embargo, el periodo de tiempo que utilizó dicho autor es corto como para evaluar la tendencia de la CPUE. Esto se aprecia en la gráfica de medias de las CPUEs de cada verano (Figura 12), ya que la tendencia cambia en periodos más largos de tiempo.

Sé encontró que existe una respuesta diferencial en la CPUE de camarón blanco de alta mar respecto a las diferentes subzonas. En general, la densidad poblacional de camarón blanco es inferior hacia el norte a partir del sistema lagunar Sta. María-La Reforma. Las áreas con mayor densidad poblacional, abarcan desde el sur de Huizache-Caimanero, Sinaloa hasta río Verde, Nayarit. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Dominguez-Flores (1999) y Chávez-Herrera (2001).

Ahora discutiremos el análisis de varianza con diseño factorial si la temperatura del mar es un factor que influye en la población de camarón blanco de alta mar y esta se refleja en los valores medios de la CPUE observadas. Se consideró como indicador de la temperatura del mar a la anomalía de la temperatura superficial de mar. Se demostró que a anomalía -1 la CPUE es inferior que a anomalías 0 y 1 en el verano. La CPUE también presentó diferencias significativas respecto a las interacciones: año-subzona, año-anomalía y año-subzona-anomalía, pero el efecto es sinérgico sobre la CPUE (Tablas 15-18 y Figuras 12-17). Solís-Ibarra (1994) no encontró suficientes evidencias para afirmar que la temperatura superficial influye en las abundancias de dichas especies de postlarvas del género *Farfantepenaeus* en el sur de Sinaloa, durante un año "Niño" y otro "Niña". Sin embargo, se ha reportado una correlación entre la temperatura superficial del mar, la abundancia de postlarvas y de adultos de camarón del género *Litopenaeus* en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit (Escalante-Escobar 2001; Chávez-Herrera 2001).

Como en este trabajo solo se muestreo durante verano y no durante todo el año, o no se relaciona la CPUE anual con la anomalía anual, una primera interpretación de la relación entre la CPUE y las anomalías; es que el camarón blanco prefiere las temperaturas cálidas ya que es una especie tropical, se a comprobado en laboratorio que entre las temperaturas 28 y 30°C a una salinidad 35 ups el camarón blanco presenta una tasa de mortalidad baja y una mejor tasa de crecimiento (Ponce-Palafox *et al.* 1997); lo cual explica por que prefieren temperaturas cálidas y porque se asocia los mejores rendimientos en la CPUE. Una segunda explicación sería que los muestreos fueron realizados en verano, que es la época de reproducción del camarón blanco (Garduño-Argueta y Calderón-Pérez 1994).

Es posible que el camarón blanco prefiera temperaturas cálidas para llevar acabo el proceso de reproducción, ya que en estas condiciones la tasa de mortalidad es baja y la tasa de crecimiento alta de la postlarvas de camarón blanco cultivadas ene estanques (Ponce-Palafox *et al.* 1997), por lo que asegura una tasa de sobrevivencia superior a otras condiciones térmicas. Una tercera explicación sería que el camarón blanco en época de reproducción se acercarse a la costa, cerca de las bocas de los cuerpos costeros, y la temperatura del mar le sirve para orientarse hacia donde esta la costa. Una explicación semejante a sido propuesta en otros estudios para las postlarvas y juveniles del genero *Litopenaeus*, la cual consiste en que los factores salinidad y temperatura del mar sirven para orientar a las postlarvas y juveniles en los procesos de migración, aunque las corrientes juegan un papel importante en el transporte de postlarvas y juveniles (Macías-Regalado y Calderón Pérez 1979; Mair 1980; Calderón-Pérez y Poli 1987; Poli y Calderón-Pérez 1987).

Evaluación de la biomasa

La biomasa residente de camarón blanco de alta mar estimada por el método del área de barrido ha presentado un tendencia de disminución en la última década (Figura 18). Sin embargo, dichas estimaciones presentan un error estándar grande en verano de 1992 y 1993; en comparación con los otros veranos. Este error grande se debe a la gran variabilidad que hubo en el muestreo de dichos verano. Si reconsideramos el problema y estimamos la biomasa residente a partir de una media acotada, la cual disminuye el efecto de los valores extremos. Así tenemos que la biomasa residente es de 1,372 t para 1992, antes se había estimado en un valor muy parecido de 1, 488 t. Para el verano de 1993 la biomasa residente estimada por una media acotada fue de 1,532 t contra 2,107 t estimada anteriormente. Las biomazas siguen siendo superiores significativamente a los otros veranos.

Otra evidencia de la bondad de la estimación de la biomasa residente, es la comparación con otro estudio que estimó la biomasa residente para la misma especie, época y área de estudio en; 2,000 t y 2,176 t para 1992 y 1993 respectivamente (Sierra-Rodríguez *et al.* 2000). Los estimados de biomazas no son diferentes significativamente $P < 0.05$. Por lo que concluimos, que la

estimación de la biomasa residente de camarón blanco para los veranos 1992 y 1993 es confiable, aunque, tengamos un error estándar superior a los otros veranos.

A continuación compararemos y discutiremos los parámetros poblacionales K , δ , r y q estimados por el ajuste del modelo dinámico de Schaefer (1954) por incertidumbre de observación y de proceso, así como su relación entre éstos, con la finalidad de validar dichos parámetros.

La capacidad de carga del medio (K) del camarón blanco de alta mar fue estimada en 4,646 t y 6,505 t por incertidumbre de observación y proceso respectivamente (Tabla 19). Dicha estimaciones son inferior a la K media estimada por Sierra-Rodríguez y colaboradores (2000). Sin embargo, el limite superior de confianza para el valor de K por incertidumbre de proceso es un valor semejante (Tablas 19-21). La K estimada de camarón blanco para el golfo de Tehuantepec es semejante a las medias estimadas en este trabajo (Tabla 21), de hecho podemos afirmar que no existen diferencias significativas $P < 0.05$. Los valores de K estimado para otras especies de camarón del mundo varían entre 600 y 31, 912 t (Tabla 22), y los estimados de K semejantes a este trabajo son para la población *Pandalus jordani* Rathbun, 1902 que habita en el norte de California (Abramsom y Tomlison 1972); y la población *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez.Farfante, 1967) del golfo de Paíra y región del Orinoco en Brasil (Alió *et al.* 1999).

Tabla 21. Tabla comparativa de parámetros poblacionales de diferentes especies de camarón y regiones, calculados por el ajuste del modelo estocástico de Schaefer, modificado por Hilborn y Walters (1992).

Parámetro	Parámetros poblacionales para diferentes especies de camarón							
	Azul	Blanco ¹	Blanco ²	Café ¹	Café ²	Café ³	Café ⁴ a	Café ⁴ b
K	10000	9400	5500	15800	5500	2200	32863	31912
$0.5K$	5000	4700	2750	7900	2750	1100	16432	15956
$0.25K$	4500	3800	2100	2100	2250	500	5215	8288
r	1.7	1.60	1.53	0.53	1.64	0.91	2.50	4.06
q	0.001						3.1E-05	2.3E-05
δ	0.905	0.241	0.5	0.538	0.978			
Región	Sinaloa	Sinaloa	Tehuantepec	Sonora	Sinaloa	Tehuantepec	Sonora	Sonora

Fuentes: ¹ Sierra-Rodríguez *et al.* (2000); ² Morales-Bojórquez *et al.* 2001.
a) error de observación y b) error de proceso.

La pregunta ahora es ¿Cómo explicar la posible diferencia en la K media estimada para camarón blanco para la misma área de estudio respecto a otros trabajos?. Belovsky y colaboradores (1999) realizaron un experimento en laboratorio con *Artemia franciscana* Kellogg, 1906; con la finalidad estudiar la dinámica de extinción de una población, encontraron que la variabilidad de K se correlacionaba con la variabilidad ambiental, y dicha variabilidad juega un papel importante en dinámica de la extinción de una población. Por otro lado, estudios recientes sobre contaminación de cuerpos costeros, lugares de crianza y crecimiento de postlarvas y juveniles de camarón blanco, han demostrado la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

repercusión en la sobrevivencia del camarón blanco, a causa de la modificación de los ambientes de crianza y crecimiento de dicha especie (Galindo-Reyes *et al.* 1996; 1999; Páez-Osuna *et al.* 1997; 1998; 1999; Páez-Osuna 2001).

El parámetro δ propone que la biomasa residente de camarón blanco de alta mar ha disminuido entre un 17 y 30% respecto a la biomasa virgen (δ entre 0.83 y 0.7) por incertidumbre de observación y proceso respectivamente. Sierra-Rodríguez y colaboradores (2000) calcularon una proporción de biomasa respecto a la virgen para diferentes especies de camarón de diferentes regiones del Pacífico mexicano (Tabla 21). En el caso del camarón blanco $\delta = 0.24$; lo cual representa que la población ha disminuido el 76%. Esta diferencia tan marcada no hace dudar de este parámetro como un indicador del estado en que se encuentra la biomasa, por lo que discutiremos otros posibles indicadores del estado de la población.

Tabla 22. Parámetros poblaciones para diferentes especies de camarón.

Especie	K (X 10 ⁶ kg)	r	q	Referencia
<i>P. jordani</i>	4.3	0.88	0.000085	Abramson and Tomlison (1972)
<i>S. brevisrostris</i>	1.0	0.22	0.0012-0.0079	Arreguín-Sánchez (1981)
<i>H. laevigatus</i>	0.6 ¹ -1.7		0.001945 0.2896 ²	Ralston (1986) Moffit y Polovina (1987) ¹ Moffitt y Parrish (1992) ²
<i>L. setiferus</i>			0.0000115	Gracia (1989)
<i>F. aztecus</i>	10.6		0.0012-0.0021	Castro y Arreguín-Sánchez (1991)
<i>F. subtilis</i>	4.4	1.13	0.042	Alío <i>et al.</i> (1999)
<i>P. semisulcatus</i>			0.0001-0.00004	Ye y Mohamed (1999)
<i>L. stylirostris</i>	10.0	1.7	0.001	Sierra-Rodríguez <i>et al.</i> (2000)
<i>L. vannamei</i>	5.5 ¹ -9.4	1.5-1.6	0.0001-0.00046 ¹ 0.000004 ²	Chavez (1979) ¹ Cruz-Romero y Reyna-Cruz (1976) ²
<i>F. californiensis</i>	2.2-15.8	0.5-1.6		Sierra-Rodríguez <i>et al.</i> (2000)
<i>F. californiensis</i>	31.9-32.8	2.5-4.06	0.00031-0.00023	Morales-Bojórquez <i>et al.</i> (2001)
<i>L. vannamei</i>	4.6-6.5	0.69-0.75	4X10 ⁻⁷ -6X10 ⁻⁷	Este trabajo

Otro indicador que se ha propuesto para evaluar el estado de una población sometida a pesca, con base en los puntos de referencia biológicos por Sissenwine y Shepherd (1987); es la proporción de la biomasa actual, en este caso la estimada para el verano 2001, en relación al tamaño de la población de camarón blanco sometida a pesca (0.5K); dicha relación se estimó igual 0.67, un resultado prácticamente igual al expresado por el parámetro δ . Este resultado igual se debe a que la el parámetro δ esta relacionado con las biomazas estimada.

Sin embargo, Mace (1994) propone que los puntos de referencia biológicos deben ser considerados con precaución, ya que de estos se toman las decisiones de manejo; por lo que hacemos las siguientes consideraciones. En la década de tiempo analizada de la pesquería de camarón hasta la fecha se ve una caída de la

CPUE (Figuras 12). Consideremos la CPUE (2.4 kg/h) del verano de 1992 como un punto de referencia biológico ya que representa un máximo; así el verano de 2001 presenta una CPUE de 0.4 kg/h, lo cual significa que disminuyó la CPUE en un 82%. Este índice de CPUE utilizado en este estudio presenta ciertas características: es muestreado directamente en campo, no depende del número de embarcación en que se repartirán el recurso, debido a que son monitoreos en época de veda por cual puede considerarse un buen indicador de la biomasa residente. Estas características le dan ventaja sobre el índice de CPUE estimado a partir de datos de maquila. Sin embargo, Sierra y colaboradores (2000) encontraron una caída de la CPUE de 80% prácticamente igual a la encontrada en este estudio.

Con estos hechos podemos concluir que la biomasa residente de camarón blanco a disminuido más del 50% respecto a puntos de referencia biológica y que la población se encuentra deteriorada. También podemos concluir que el parámetro δ y la proporción de la biomasa actual respecto al tamaño de la población sometida a pesca, para este caso no son buenos puntos de referencia biológicos. Las causas de la disminución de la población de camarón blanco se discutirán más adelante.

Las tasas media de crecimiento poblacional (r) estimadas para el camarón blanco de alta mar por error de observación y proceso fue baja en ambos casos, ya que se esperaba un valor alrededor de 1. Sin embargo, el valor del límite superior de confianza fue de 1.35 por error de proceso (Tabla 19). Sierra-Rodríguez y colaboradores (2000) calcularon una r media superior a este trabajo para el camarón blanco (Tablas 21 y 22); aunque, es probable que estadísticamente no haya diferencias significativas, al comparar las distribuciones de los valores de r . La r estimada en este trabajo fue semejante a *Pandalus jordani*; *Sicyonia brevirostris* Stimpson, 1871; *Farfantepenaeus subtilis* y *F. californiensis*. Estos valores bajos de r estimados es posible que sean el resultado del impacto sobre los cuerpos de agua costeros donde crecen las postlarvas y juveniles, que se ha venido acumulando como resultados de las actividades antropogénicas que se practica en estos lugares en la última década (Galindo-Reyes *et al.* 1996; 1999; Páez-Osuna *et al.* 1997; 1998; 1999; Páez-Osuna 2001). Además, habría que sumarle el impacto por pesca artesanal y de alta mar. La tasa de crecimiento baja y la variabilidad ambiental, son dos elementos impredecibles para explicar la dinámica de extinción de un población, más aún, si está sometida a pesca (Belovsky *et al.* 1999).

El coeficiente de capturabilidad (q) es el parámetro que relaciona la CPUE con la biomasa y es definido como una medida de la interacción de la biomasa del recurso y el esfuerzo pesquero (Arreguín-Sánchez 1996). El valor estimado de q para el camarón de alta mar fue inferior al reportado para otras pesquerías de camarón, incluso para la misma especie (Tabla 22). La $q = 7.56 \times 10^{-7}$ reportado para la pesquerías de *F. duorarum* y *Parapenaepsis atlantica* de Nigeria (Ajayi 1982); y los valores para q entre 8.58×10^{-7} y 9.46×10^{-7} de *Litopenaeus setiferus* en la sonda de Cámpeche (Gracia 1989); son semejantes a la estimadas en este

estudio por error de observación y proceso (Tabla 22). Estudios realizados recientemente sobre el camarón *Pandalus jordani* en Vancouver, Canada, han demostrado que q no debe ser considerado constante, que depende no solo de la abundancia y el esfuerzo, depende también de varios factores: comportamiento de las escuelas de camarón, temperatura del mar, salinidad del mar, velocidad del viento, corrientes originadas por la marea y nubosidad (Perry *et al.* 2000). Estos argumentos explican las diferencias reportadas de los valores de q para camarón.

La biomasa residente de camarón blanco de alta mar estimada por el método del área de barrido fue inferior a la estimada por el modelo de Schaefer (1954) en sus versiones estocástica y determinística (Figura 24). Dicha diferencia posiblemente se explica de la siguiente manera. Las hembras maduras de camarón blanco se presentan principalmente junio, julio, agosto y septiembre (Garduño-Argueta y Calderón-Pérez 1994), que fue cuando se realizaron los muestreos de camarón; tres o cuatro meses después, hay reclutamiento a la pesquería de camarón (Reyna-Cabrera y Ramos-Cruz 1998), por la corte producida en verano, esa biomasa que se agrega después, no se tomó en cuenta por el método del área de barrido. En cambio en el modelo de Schaefer esta nueva biomasa que se recluta después esta incluida en la captura comercial.

Es por eso que la captura a veces es superior que la biomasa estimada por el método del área de barrido. Por otro lado, la biomasa estimada por dicho método refleja la biomasa de camarones reclutados hace tres meses al menos (camarones grandes), estos camarones son los que soportan principalmente la pesquería de camarón blanco por su valor comercial, dicha biomasa la agotan en tres meses aproximadamente, después el esfuerzo disminuye considerablemente. Por eso creemos, que la biomasa estimada por el método del área de barrido representa la captura comercial de los camarones blancos con mayor importancia comercial. Esto habría que demostrarse con los esfuerzos de la flota y biomasa por tallas reportados por las maquilas.

El rendimiento máximo sostenible (RMS) fue inferior a la estimada para la misma especie y misma área de estudio (Tabla 23). Sin embargo, el valor estimado de RMS es parecida a otras pesquerías de camarón (Tabla 23). En la figura 24 podemos apreciar que la captura industrial decae cuando es semejante o superior a la RMS excepto en el año 2000 y 2001. Este comportamiento puede posiblemente explicarse por la variación ambiental que no siempre es propicia para un buen crecimiento de la población. Reyna-Cabrera y Ramos-Cruz (1998) sugieren que los rendimientos de camarón no solo dependen del esfuerzo pesquero, sino también de factores abióticos, bióticos y económicos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 23. Rendimiento máximo sostenible (RMS) para diferentes especies de camarón.

Species of shrimp	PMS (X10 ⁴ kg)	Referencia
<i>Pandalus jordani</i> Rathbun, 1902	1.1	Abramson and Tomlison (1972)
<i>Farfantepenaeus duorarum</i> (Burkenroad, 1989)	2.4	Ajayi (1982)
<i>Sicyonia brevirostris</i> Stimpson, 1871	0.1-0.1	Arreguín-Sánchez (1981)
<i>Heterocarpus laevigatus</i> Bate, 1888	0.271	Ralston and Tagami (1992)
<i>Farfantepenaeus subtilis</i> (Pérez-Farfante, 1967)	1.2	Alió <i>et al.</i> (1999)
<i>Litopenaeus stylirostris</i> (Stimpson, 1871)	4.5	Sierra-Rodríguez <i>et al.</i> (2000)
<i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931)	2.1-3.8 1.59 ¹	Sierra-Rodríguez <i>et al.</i> (2000) D' Croz <i>et al.</i> (1979) ¹
<i>Farfantepenaeus californiensis</i> (Holmes, 1900)	0.5-2.3 5.2-8.2 ¹	Sierra-Rodríguez <i>et al.</i> (2000) Morales-Bojórquez <i>et al.</i> , (2001)
<i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931)	0.8-1.0	Este trabajo

El modelo de Schaefer (1954) con incertidumbre de observación o modelo determinístico, considera el efecto del esfuerzo pesquero y explica el 27.83% de la variabilidad de la CPUE de camarón blanco de alta mar (Figura 27). Con incertidumbre de proceso, se considera una variabilidad azarosa no justificada por las variables independientes incluidas en el modelo, se obtuvo un 15.37% de explicación de la variabilidad de CPUE. Esto significa que entre el esfuerzo y la variabilidad ambiental podríamos explicar alrededor del 45%, si el efecto es sinérgico posiblemente se explique mayor porcentaje de la variabilidad de CPUE.

Por otro lado, se ha demostrado que los modelos de producción excedente sobre estiman el rendimiento máximo sostenible (Jensen 2002); esto se debe al hecho que no se consideran las condiciones ambientales adversas, así que cuando coincide: una población sobre explotada, tasa de crecimiento poblacional baja y condiciones ambientales adversas, la población cae en una dinámica de extinción. Además, el método de máxima verosimilitud para estimar los parámetros poblacionales de los modelos de producción excedente tienden a sobre estimar la producción máxima excedente, debido a que se suponen las distribuciones de los errores (Givens y Poole 2002). Esto implica que el rendimiento máximo sostenible debe tomarse con precaución para el manejo de la pesquería, ya que sería un punto extremo superior de referencia de la explotación que puede soportar una población sometida a pesca. En las figuras 25 y 26 se presentan la simulación de la biomasa para camarón blanco de alta mar, a partir de los diversos parámetros estimados con incertidumbre de observación y de proceso, bajo cuatro regímenes de explotación, donde se puede apreciar esta sobre-estimación del rendimiento máximo sostenible para camarón.

El esfuerzo para alcanzar un rendimiento máximo sostenible se sobre estimó para los modelos con incertidumbre de observación o de proceso (Figuras 25 y 26), también se puede apreciar que a mayores esfuerzos, la pendiente de la biomasa es más bruscamente en los datos observados, se aprecia mejor con

incertidumbre de proceso (Figura 26). Un octavo del esfuerzo para alcanzar un rendimiento máximo sostenible estimado por los modelos es el régimen de explotación óptimo para recuperar la biomasa de camarón blanco de alta mar, por error de observación equivale a 73,992 horas de arrastre y por error de proceso es de 134,000 horas de arrastre (Figuras 25 y 26).

Conclusiones

1. En la plataforma continental de los estados de Sinaloa y Nayarit, se presentó una temperatura media superficial del mar en verano de 30.3°C para el período comprendido de 1992-2001. Dicha temperatura representa un ambiente tropical.
2. Las isotermas de agua superficial del mar en verano, en la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit, son paralelas a la línea de costa. Por lo tanto, el gradiente de temperatura es perpendicular a la línea de costa. Las temperaturas mayores se presentan cerca de la costa.
3. La CPUE presentó una distribución de forma Gaussiana incompleta respecto a la temperatura superficial de mar, que explica el 96.14% de la varianza. La temperatura superficial de mar óptima fue 31.6 °C, con un rendimiento en la CPUE de 1.3 kg/h.
4. La distribución vertical de camarón blanco se describe por el modelo de Weibull, el cual explica el 97.1% de la variación, el mejor rendimiento de la CPUE fue de 1.5 kg/h, a una profundidad óptima de 14.5 m, el intervalo de 95% de confianza es entre 3 y 32 m.
5. Se encontraron diferencias significativas en las CPUE medias entre los veranos. Las CPUEs máximas fueron: los veranos de 1992, 1993 y 1999 con valores de 1.8, 2.4 y 1.2 kg h⁻¹ respectivamente. El verano de 2001 el rendimiento en la CPUE fue la menor, con un valor de 0.4 kg h⁻¹.
6. Estadísticamente no se encontró suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, que plantea que las CPUEs medias por zonas de pesca son iguales. La CPUE media por zona fue de un kg h⁻¹.
7. Hubo diferencias significativas entre las CPUEs medias por subzona. Las tres subzonas que presentaron mejor rendimiento en la CPUE fueron: el área de Altata hasta Ceuta, la subzona que se extiende desde El Verde hasta al sur de Huizache-Caimanero, y el área abarcada desde la Boca de Cuautla a río Verde Nayarit; con valores de 0.8, 1.4 y 1.3 kg h⁻¹ respectivamente.
8. Las CPUEs fueron diferentes significativamente respecto a las anomalías en la temperatura superficial de mar. Los mejores rendimientos en la CPUE fue de 1.1 kg h⁻¹, con anomalías de 0 y 1°C.

9. La interacción entre los factores tiempo (verano), espacio (subzonas) y temperatura superficial del mar (anomalías) presentan un efecto sinérgico en la CPUE. Excepto entre la interacción de espacio y temperatura.

10. El modelo de Schaefer (1954) en su versión determinístico explicó el 27.83% de la variabilidad de la CPUE de camarón blanco de alta mar, que fue superior a la versión estocástica.

11. El parámetro δ no fue un buen punto de referencia biológico para evaluar el estado de la población de camarón. En cambio la proporción de la CPUE actual respecto a la máxima CPUE si es un buen punto de referencia biológica para evaluar el estado de la población de camarón.

12. El rendimiento máximo sostenible de la población camarón blanco en alta mar, estimada con incertidumbre de observación fue 802 t y el tamaño de dicha población sometida a pesca es de 2,323 t; para la plataforma continental del golfo de California y Boca.

13. El rendimiento máximo sostenible de la población camarón blanco en alta mar estimada con incertidumbre de proceso fue 1,020 t. El tamaño de dicha población sometida a pesca es de 3,252 t para la plataforma continental del golfo de California y Boca.

14. El esfuerzo para alcanzar el rendimiento máximo sostenible de camarón blanco es sobre estimado por el modelo de Schaefer (1954), al no considerar las variaciones de factores bióticos y abióticos. El esfuerzo óptimo se estimó por simulación entre 73,992 y 134,007 horas de arrastre.

15. La población de camarón blanco de la plataforma continental de Sinaloa y Nayarit se encuentra deteriorada no solo por el efecto del aumento del esfuerzo pesquero, si no también por: la explotación artesanal, extracción de larvas e impacto ambiental en las áreas crianza y crecimiento de dicha.

Bibliografía

- Abramson, N. J. y Tomilson P. K. 1972. An application of yield models to a California ocean shrimp population. *Fish. Bull.* 70(3):1021-1041.
- Ajayi, T. O. 1982. The maximum sustainable yields of the inshore fish and shrimp resources of Nigerian continental shelf. *J. Fish. Biol.* 20:571-577.
- Alió, J. J., Die D., Ferreira L., Goriesing K., Kuruvilla S., Maharaj L., Marcaro L. A., Ramnarine I. y Richardson-Drakes A. 1999. *Penaeus subtilis* stock within the Orinoco and gulf of Paria region. 153-167. FAO/DANIA Stock assessment workshop on the shrimp and ground fish fisheries on the Guiana-Brazil shelf. Puerto de España, Trinidad and Tobago, 7-18 abril 1997. FAO Fish. Rep. (600):200 pp.
- Álvarez-Borrogo, S. y Schwartzlose R. A. 1979. Masas de agua del golfo de California. *Cienc. Mar.* 6(1-2): 43-63
- Álvarez, N. F., Gracia G. A. y Soto G. L. A. 1987. Crecimiento y mortalidad de las fases estuarinas del camarón rosado *Penaeus (Farfantepenaeus) duorarum* Burkenroad, 1939 en la laguna de Términos, Campeche, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 14(2):207-220.
- Aragón-Noriega, E. A., Cervantes-Valle. García-Juárez A. R. y Calderón- Aguilera, L. E. 1999. Distribución y abundancia de la población desovante de camarones del norte del golfo de California durante el verano de 1996. *Cienc. Mar.* 3(9): 37-48.
- Arosamena, M. 1976. Ritmo alimenticio y los camarones *P. stylirostris* y *P. californiensis*, con relación a la temperatura. *Mem. Simp. Biol.. Dinám. Poblac. Camarón, INP*, 89-93.
- Arreguín-Sánchez, F. 1981. Diagnosis de la pesquería de camarón de roca (*Sicyonia brevirostris* Stimpson, 1871) de Contoy, Q. Roo, México. *Cienc. Pesq. INP.* 1(2): 21-41.
- Arreguín-Sánchez, F. 1989. Population dynamics of tropical fisheries: the mexican experience. 241-256. *In: Chávez, E. Proc. Workshop México-Australia Mar. Sci. CIVESTAV, IPN; ICMYL, UNAM; CONACYT; SEP y CANAINPES, Yuc.* 478 pp.
- Arregín-Sánchez, F. 1996. Catchability: a key parameter for fish stock assessment. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 6: 221-242.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Baba, J., Peterson, C. D. y Schrader, H. J. 1991. Chapter 27. Modern fine-grained sediments in the Gulf of California. 596-602. In: Dauphin, J. P. y Simoneit B. R. T. (Eds). **The gulf and province of the Californias**. The American Association of Petroleum Geologist. USA. 834 pp.
- Barrera-Huerta, R. R. 1976. Estudio sobre los tamaños de captura comercial de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) en las lagunas Oriental y Occidental y marismas de Oaxaca, Méx. Mem. Simp. Biol.. Dinámic. Poblac. Camarón, INP, 116-129.
- Begon, M., Harper J. L. y Townsend C. R. 1995. Ecología, Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, 886 p.
- Belovsky, G. E., Mellison C., Larson C. y Van Zandt P. A. 1999. Experimental studies of extinction dynamics. Sci. 286: 1175-1177.
- Blake, B. F. y Menz A. 1980. Mortality estimates for *Penaeus vannamei* Boone in a Mexican coastal lagoon. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 45:15-24.
- Bliss, D. E. 1983. The biology crustacea. Vol 5. Internal anatomy and physiological regulation. Academic Press. 471 pp.
- Brito-Castillo, L., Alcántara-Razo E., Morales-Azpetita R. y Salinas-Zavala C. A. 2000. Temperaturas del golfo de California durante mayo y junio de 1996 y su relación con las capturas de calamar gigante (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835). Cienc. Mar. 26(3): 413-440.
- Calderón-Pérez, J. A. 1977. Efecto de algunos factores físicos sobre la inmigración de postlarvas de *Penaeus* en el Estero de Agua Dulce del Sistema Lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa. Tesis profesional de la Universidad Nacional Autónoma de México, 127 p.
- Calderón-Pérez, J. A. y Poli C. R. 1987. A phisical approach to the postlarva *Penaeus* inmigration mechanism in a Mexican coastal lagoon (CRUSTACEA: DECAPODA: PENAEIDAE). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 14(1):147-156.
- Calderón-Pérez, J. A., Macías-Regalado E. y Rendón-Rodríguez S. 1989. Clave de identificación para los estadios de postlarvas y primeros juveniles de camarón del género *Penaeus* (CRUSTACEA: DECAPODA) del golfo de California, México. Cienc. Mar. 15(3): 57-70.
- Carranza-Edwards, A., Gutierrez-Estrada M. y Rodriguez-Torres R. 1975. Continental morpho-tectonic units of the Mexican coast. An. Cent. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Autón. Méx., 2(1): 81-88.

- Castro-Meléndez, R. G y Arreguín Sánchez F. 1991. Evaluación de la pesquería de camarón café *Penaeus aztecus* del litoral mexicano del noroeste del golfo de México. *Cienc. Mar.* 17(4): 147-159.
- Chávez, E. A. 1979. Diagnósis de la pesquería de camarón del golfo de Tehuantepec, Pacífico sur de México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 6(2): 7-14.
- Chávez-Herrera, D. 2001. Aspectos sobre la abundancia y la distribución de los camarones peneidos de la costa de Sinaloa y norte de Nayarit, México de 1992 a 2000. Tesis de maestría de la Universidad Autónoma de Sinaloa, 52 pp.
- Chen, H-Y. y Chen Y-LL. 1999. Temperature preferential of postlarval black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Mar. Freshwat. Res.* 50(1): 67-70.
- CNA, 1991-2001. Datos proporcionados por el Instituto Meteorológico de Mazatlán.
- Collins, C. A., Garfield N., Mascarenhas Jr. A. S., Sperman M. G. y Rago T. A. 1997. Ocean currents across the entrance to the Gulf of California. *J. Geophys. Res. (C Oceans)*, 102(C29): 20, 927-20, 936.
- Contreras-Espinosa, F. 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. CONABIO y UAM-Iztapalapa, México. 415 pp.
- Cruz-Romero, M. y Reyna-Cruz I. E. 1976. Análisis de algunos parámetros poblacionales del camarón de alta mar de Salina Cruz, Oax. *Mem. Simp. Biol. Dinám. Poblac. Camarón, INP*, 387-418.
- Dall, W., Hill J., Rothlisberg P. C. y Staples D.J. 1990. The biology of Penaeidae. *Advances in marine biology, Volume 27*. Blaxter J.H.S. and Southward A.J. (Eds.). Academic Press, New York, USA. 489 p.
- D'Croz, L., Chérigo F. y Esquivel N. 1979. Observaciones sobre la biología y pesca del camarón blanco (*Penaeus spp*) en el Pacífico de Panamá. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. Méx.*, 6(2): 45-58.
- del Valle, L. I. 1989. Estrategia de producción y explotación en un laguna costera de México. Tesis Doctoral de la Universidad Politécnica de Cataluña. 266 p.
- de la Lanza, G., Rodríguez-Medina, M. A. Y Soto, L. A. 1986. Experimental essay of detritus consumption of halophytes by the penneids shrimp *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris*. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx. (Zool.)*, 57(1): 199-212.

- Domínguez-Flores, J. D. 1999. Abundancia y distribución espacio-temporal de camarones peneidos comerciales en las costas de Sinaloa (1990-1994). Tesis de maestría de la Universidad Autónoma de Sinaloa, 51 p.
- Dow, R. L. 1981. Environmental influences on *Pandalus borealis* in the Gulf of Maine. Proceedings of the international pandalid shrimp symposium, Kodiak, Alaska. Alaska sea grant rep. Alaska sea grant program Alaska Univ. February 13-15: 351-359 p.
- Edwards, R. C. 1977. Field experiments on growth and mortality of *Penaeus vannamei* in a Mexican coastal lagoon complex. Estuar. Coast. Mar. Sci., 5(1): 107-121.
- Emilsson, I. y Alatorre M. M. A. 1997. Evidencias de un remolino ciclónico de mesoescala en la parte sur del golfo de California. In : Lavín, M. F. (Ed.), **Contribuciones a la oceanografía física en México**. Monografía N°. 3, Unión Geofísica Mexicana, 173-182.
- Escalante-Escobar, E. 2001. Distribución y abundancia de postlarvas de los géneros *Farfantepenaeus spp.* y *Litopenaeus spp.* (Crustacea: Decapoda: Penaidae) en la plataforma continental del sur de Sinaloa durante un ciclo anual. Tesis de maestría de la Universidad Nacional Autónoma de México. 158 p.
- Esparza, L. 2001. Informe técnico "Evaluación de la eficiencia de artes de pesca de la flota camaronera de alta mar de Sinaloa". CRIP-Maztlán.
- FAO, 2000. Anuario. Estadística de pesca. Capturas 1998. Roma, FAO, 86(1):713 p.
- Flores-Campaña, L. M. 1986. Crecimiento, distribución y abundancia de camarón del género *Penaeus* y su relación con temperatura y salinidad en la laguna del Caimanero, Sinaloa, México (1982). Tesis Profesional. 131 p.
- Garay-Morán, R. 2002. Presupuesto global de las cargas de nutrientes en los sistemas lagunares de Sinaloa: como una herramienta para la gestión ambiental costera. Tesis de grado del ICMYL de la UNAM, 228 p.
- Galindo-Reyes, J. G., Medina J. A. y Villagrana-Lizarraga. C. 1996. Physiological and biochemical changes in shrimp larvae (*Penaeus vannamei*) intoxicated with organochlorine pesticides. Mar. Pollut. Bull. 32(12): 872-875.
- Galindo-Reyes, J. G., Fossato V. U., Villagrana-Lizarraga C. y Dolci F. 1999. Pesticides in water, sediments, and shrimp from a coastal lagoon off the Gulf of California. Mar. Poll. Bull., 38(9): 837-841.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

- Garduño-Argueta, H. y Calderón-Pérez J. A. 1994. Abundancia y maduración sexual de hembras de camarón (*Penaeus spp.*) en la costa sur de Sinaloa, México. Rev. Inv. Cient. UABCS, 1(No. Esp. AMAC 1): 27-34.
- Garduño-Argueta, H. y Calderón-Pérez J. A. 1995. Seasonal depth distribution of the crystal shrimp, *Penaeus brevirostris* (Crustacea: Decapoda, Penaeidae), and its possible relation to temperature and oxygen concentration off southern Sinaloa, Mexico. Fish. Bull. 93(2): 397-402.
- Givens, G. H. y Poole D. 2002. Problematic likelihood functions from sensible population dynamics models: a case study. Ecol. Model. 151: 109-124.
- Gracia, G. A. 1989. Relationship between environmental factors and white shrimp abundance in the southwestern Gulf of Mexico. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 16(1):171-182.
- Gracia, G. A. 1989a. Mortalidad natural del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en la Sonda de Campeche. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 16(2): 263-272.
- Gracia, G. A. y Soto G. L. A. 1990. Populations study of the penaeid shrimp of Terminos lagoon, Campeche, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 17(2): 241-255.
- Gulland, J. A. 1977. Fish population dynamics. John Wiley and Sons, Ltd. 372 pp.
- Hamman, M. G., Nayar P. J. S. y Nishizaki S. O. 1995. The effects of the 1992 El Niño on the fisheries of Baja California, Mexico. CalCOFI Rep., 36: 98-104.
- Hendrickx, M. E. 1986. Distribución y abundancia de los camarones penaeoidea (Crustacea: Decapoda), colectados en las campañas SIPCO (sur de Sinaloa, México) a bordo del B/O "El Puma". An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13(1): 345-368.
- Hendrickx, M. E. 1993. Crustáceos decápodos bentónicos del sur de Sinaloa, Mexico. An. Inst. Biol. UNAM, 64(1): 1-16.
- Hendrickx, M. E. y Estrada-Navarrete F. D. 1994. Temperature related distribution of *Lucifer typus* (Crustacea: Decapoda) in the Gulf of California. Rev. Biol. Trop. 42(3): 579-584.
- Hendrickx, M. E. 1995. Camarones. 417-537. In: Fischer, W., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K. E. y Niem V. H. **Guía FAO para la identificación de especies para fines comerciales de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen I. Plantas e invertebrados.** Roma, FAO. I: 1-646.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Hendrickx, M. E. 1996. Los camarones *Penaeoidea* bentónicos (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) del Pacífico mexicano. CONABIO e ICMyl, UNAM. 149 p.
- Hendrickx, M. E. y Estrada-Navarrete F. D. 1996. Los camarones pelágicos (CRUSTACEA: DENDROBRANCHIATA y CARIDEA) del Pacífico Mexicano. CONABIO e ICMyl, UNAM. 157 p.
- Hendrickx, M. E. 2001. Capítulo 2. Taxonomía, biología y zoogeografía de los peneidos de importancia comercial del Pacífico Mexicano. 27-38. *In*: Páez, O. F. (Ed.). **Camaronicultura y medio ambiente**. Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del mar y Limnología, Programa Universitario de Alimentos, Universidad Nacional Autónoma de México y el Colegio de Sinaloa, 450 p.
- Hewitt, D. y Duncan P. 2001. Effect of high water temperature on the survival, moulting and food consumption of *Penaeus* (*Marsupenaeus*) *japonicus* (Bate, 1888) *Aquacult. Res.* 32(4): 305-313.
- Hilborn, R. R. y Mangel M. 1997. The ecological detective. Confrontating models with data. Princeton University Press, 330 p.
- Hilborn, R. y Walters C. J. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York, 550 p.
- Holthuis, L. B. 1980. FAO species catalogue. Vol. 1. Shrimp and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Sinop., 1(125):261 p.
- Jacquemin, P. P. 1976. Estimación de algunos parámetros poblacionales de tres especies del Pacífico Mexicano. Memorias del Simposio sobre biología y dinámica poblacional de camarones, Guaymas, Son., 171-184.
- Jensen, A. L. 2002. Maximum harvest of a fish population that has the smallest impact on population biomass. *Fish. Res.* 57: 89-91.
- Lankford, R. R. 1977. Coastal Lagoons of Mexico. Their origin and classification. 182-215. *In*: Wiley, M. L. (Ed.). **Estuarine processes V. II. Circulation, sediments, and transfer of material in the estuary**. Academic Press. USA. 428 pp.
- Lavín, M. F., Beier E. y Badan A. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del golfo de California: Escalas estacionales e interanual, *In*: Lavín, M. F. (Ed.) **Contribuciones a la oceanografía física en México**, Monografía N.º 3, Unión Geofísica Mexicana, 141-171 p.

- López-Avilés, R. 1986. Morfología y sedimentos superficiales de la porción meridional de la plataforma continental de Sinaloa, México. Tesis profesional, UNAM, 58 pp.
- Lluch, B. D. 1976. Application of population models to shrimp fishery: a summary evaluation. Mem. S imp. Biol.. Dinám. Poblac. Camarón, Guaymas, Son. INP, 127-168.
- Lunqing, P., Sheng M. y Wang K. 1997. Effects of temperature on growth development and digestive enzyme activities of the larvae of *Penaeus chinensis*. J. Fish. Sci. China/Zhongguo Shuichan KeXue. 4(3): 17-22.
- Mace, P. M. 1994. Relations between common biological reference points used as thresholds and target of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 110-122.
- Macías-Regalado, E y Calderón-Pérez A.. 1979. Talla de inmigración de postlarva de camarón al sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. (Crustacea, Decapoda, *Penaeus*). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 6(2):99-106.
- Macías-Regalado, E. y Calderón-Pérez A. 1980. Influencia de los "Tapos" (artes de pesca fijas) en la inmigración de postlarva al sistema lagunar de Huizache-Caimanero Sinaloa, México. (Crustacea, Decapoda, *Penaeus*). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 7(1): 39-50.
- Macías-Regalado, E., Fernández-Pérez H. y Calderón-Pérez A. 1982. Variación diurna de la densidad de postlarvas de camarón en la boca del sistema lagunar Huizache-Caimanero Sin., México, (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 9(1): 381-386.
- Mair, J. McD. 1980. Salinity and water-type preference of four species of postlarval shrimp (*Penaeus*) from west Mexico. J. Exp. Mar. Biol.. Ecol. 45: 69-82.
- Martin, J. W. y Davis G. E. 2001. An updated classification of the recent crustacea. Natural History Museum of Los Angeles Country. No. 39: 124 p.
- Martínez-Cordova, L. R., Villareal-Colmenares H., Porchas-Cornejo, M. A. y Naranjo-Páramo J. y Aragón-Noriega A. 1997. Effect of aeration rate on growth, survival and yield of white shrimp *Penaeus vannamei* in low water exchange ponds. Aquacult. Eng. 16: 85-90.
- Menz, A. y Blake B. F. 1980. Experiments on the growth of *Penaeus vannamei* Boone. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 48: 99-111.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Moffit, R. B. y Polovina J. 1987. Distribution and yield of the deepwater shrimp *Heterocarpus* resource in the Marianas. Fish. Bull. 85(2): 339-349.
- Moffit, R. B. y Parrish F. A. 1992. An assessment of the exploitable biomass of *Heterocarpus laevigatus* in main Hawaiian Islands. Part 2: observations from a submersible. Fish. Bull. 90: 476-482.
- Morales-Bojórquez, E., López-Martínez J. y Hernández-Vázquez S. 2001. Modelo dinámico de captura y esfuerzo para el camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes) del golfo de California, México. Cienc. Mar. 27(1): 105-124.
- Montgomery, D. C. 2000. Design and analysis of experiments. 5th edition. John Wiley and Sons, 672 pp.
- Navarrete, del Proo A. y Gracia G. A. 1996. La pesquería de camarón en altamar. Pacífico de México. Tomo I: 3-27. In: Palafox, S. A., Fuentes, C. D. F., García-Real, P. S. 1996. **Pesquerías relevantes de México. XXX aniversario del INP.** SEMARNAP. 555 p.
- Núñez-Pasten, A. 1988. Crecimiento del camarón *Penaeus vannamei*, *P. stylirostris*, *P. californiensis* y su relación con factores ambientales (temperatura y salinidad) en las lagunas de Huizache y Caimanero, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. 82 p.
- Ould, D. S., Condrey, R. E. y Shaw, R. F. 1999. Conservative fit of the Schaefer model for a multispecies fishery. Fish. Res. 41:155-168.
- Páez-Ozuna, F., Guerrero-Galván S. R., Ruiz-Fernández A. C. y Espinoza-Angulo R. 1997. Fluxes and mass balance of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in north-western Mexico. Mar. Pollut. Bull., 34(5): 290-297.
- Páez-Ozuna, F., Guerrero-Galván S. R. y Ruiz-Fernández A. C. 1998. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in México. Mar. Pollut. Bull., 36(1):65-75.
- Páez-Ozuna, F., Guerrero-Galván S. R. y Ruiz-Fernández A. C. 1999. Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal waters of the Gulf of California. Mar. Pollut. Bull., 38(7): 585-592.
- Páez-Osuna, F. 2001. The Environmental Impact of shrimp aquaculture: causes, effects, and mitigating alternatives. Environ. Manage., 28(1): 131-140.
- Pérez-Velázquez, M., Bray W. A., Lawrence A. L., Gatlin III D. M. y González-Félix M. L. 2001. Effect of temperature on sperm quality of captive *Litopenaeus vannamei* broodstock. Aquaculture 198: 209-218.

- Perry, R. I., Boutiller J. A. y Foreman M. G. G. 2000. Environmental influences on the availability of smooth pink shrimp, *Pandalus jordani*, to commercial fishing gear off Vancouver island, Canada. Fish. Oceanogr. 9: 50-61.
- Poli, C. R. 1983. Patrón de inmigración de postlarvas de *Penaeus* spp. (Crustacea: Decápoda, Penaeidae) en la boca del río Baluarte, Sinaloa, México. Tesis de Doctoral, UNAM, 182 p.
- Poli, C. R. y Calderón-Pérez J. A. 1987. Efecto de los cambios hidrológicos en la boca del río Baluarte sobre la inmigración de postlarvas de *Penaeus vannamei* Boone y *P. Stylirostris* Stimpson al sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México (CRUSTACEA: DECAPODA, PENAEIDAE). An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 14(1): 29-44.
- Ponce-Palafox, J. Martínez-Palacios, A. C. y Ross, G. L. 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp *Penaeus vanamei* Boone 1931. Aquaculture 157:107-115.
- Ralston, S. 1986. An intensive fishing experiment for the caridean shrimp, *Heterocarpus laevigatus*, at Alamagan island in the Mariana Archipelago. Fish. Bull. 84(4): 927-934.
- Ramos-Cruz, S. 2000. Size distribution and growth of *Litopenaeus vannamei* (Natantia: Penaeidae), in the Mar Muerto Lagoon, Oaxaca-Chiapas. Rev. Biol. Trop., 48(4): 873-882.
- Reyna-Cabrera, I. E. y Ramos-Cruz S. 1998. La pesquería de camarón de alta mar. Cap. 12: 163-178. In: M. Tapía-García (Ed.) **El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos**. 240 p. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa México.
- Roden, G. I. 1972. Thermohaline structure and baroclinic flow across the Gulf of California entrance and in the Revilla Gigedo Islands region J. Phys. Oceanogr. 2: 177-183.
- Roden, G. I. Y Emilsson I. 1980. **Oceanografía física del golfo de California**. Centr. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. Méx. Contribución (90): 67.
- Rodríguez de la Cruz, Ma. C. 1981. Aspectos pesqueros del camarón de alta mar en el Pacífico Mexicano. Cienc. Pesq., 1(2):1-19.
- Rodríguez de la Cruz, Ma. C. y Chávez-Ortiz E. A. 1996. La pesquería de camarón en alta mar. Pacífico de México. Tomo I: 3-27. In: Palafox, S. A., Fuentes, C. D. F., García-Real, P. S. 1996. **Pesquerías relevantes de México. XXX aniversario del INP**. SEMARNAP. 555 p.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Rosas, C., Martínez E., Gaxiola G., Brito R., Sánchez A., Soto L. A. 1999. The effect of dissolved oxygen and salinity on oxygen consumption, ammonia excretion and osmotic pressure of *Penaeus setiferus* (Linnaeus) juveniles. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 234(1): 41-57.
- Salvato, B., Cuomo V., Di Muro P. y Beltramini M. 2001. Effects of environmental parameters on the oxygen consumption of four marine invertebrates: a comparative factorial study. Mar. Biol. 138: 659-668.
- Sánchez-Velasco, L., Shirasago B., Cisneros-Mata M. A. y Avalos-García C. 2000. Spatial distribution of small pelagic fish larvae in the Gulf of California and its relation to the El Niño 1997-1998. J. Plankton Res. 22(8): 1611-1618.
- Schwamborn, R. y Criales M. M. 2000. Feeding strategy and daily ration of juvenile pink shrimp (*Farfantepenaeus duorarum*) in a South Florida seagrass bed. Mar. Biol. 137(1): 139-147.
- SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de pesca. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 271 p.
- Sepúlveda, M. A. 1976. Crecimiento y mortalidad de camarón blanco (*Penaeus vannamei* Boone) en el sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sin. durante la temporada 1974-1975. Mem. Simp. Biol. y Dinám. Pobl. Camarones, Guaymas, Son. México, Tomo 1: 1-12.
- Sierra-Rodríguez, P. Acosta-Castañeda C., García-Barbón J. A., García-Juárez A. R., Liedo A., Melchor-Aragón J. M., Ramos-Cruz S., Rosas-Cota A., Toledo-Díaz R. M. P., Zárate B. E. 2000. Pesquerías del Océano Pacífico. Camarón. 1-50 p. In: Eds. Cisneros-Mata, M. A., Beléndez-Moreno, L. F., Zárate-Becerra E., Gaspar-Dillanes Ma. T., López-González L., Cecilia Savedo R., Tovar-Ávila R. J. **Sustentabilidad y pesca responsable en México evaluación y manejo**. 1999-2000. INP, 1042 p.
- Sissenwine, M. P. y Shepherd J. G. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44:913-918.
- Solis-Ibarra, Rafael. 1994. Análisis de las densidades de postlarvas del camarón café *Penaeus californiensis* Holmes, 1900 y camarón rojo *Penaeus brevisrostris* Kingsley, 1879 (Decapoda: Penaeidae) entre un año niño y un año frío. Tesis de Maestría de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Soto-Mardones, L., Marinone, S. G. y Parés-Sierra, A. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el golfo de California. Cienc. Mar., 25(1):1-30.

- Sparre, P. Ursin E. y Venma S. C. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment, Part 1. Manual. FAO Fish. Tech. Paper. No. 306.1. Roma, FAO. 337 p.
- Verhulst, P. F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Corresp. Math. Phys. 10:113-121.
- Wang, H. y Fu R. 2000. Influence of ENSO SST anomalies and winter storm track on the interannual variability of upper-troposphere water vapor over the Northern Hemisphere Extratropics. J. Clim. 13(1): 59-73.
- Wicksten, M.K y Hendrickx M. E.. 1992. Checklist of Penaeid and caridea shrimps (Decapoda:Penaeidea, Caridea) from the eastern tropical Pacific. Proc. San Diego Soc. Nat., 9:1-11.
- Ye, Y. y Mohammed H. M. A. 1999. An analysis of variation in catchability of green tiger prawn, *Penaeus semisulcatus* in waters off Kuwait. Fish. Bull. 97: 702-712.
- Zariquiey, A. R. 1968. Crustáceos Decápodos Ibéricos. Inv. Pesq. Tomo 32: 1-510.
- Ziveri, P. y Thunell R. C. 2000. Coccolithophore export production in Guaymas Basin, Gulf of California: response to climate forcing. Deep-Sea Res. (2 Top. Stud. Oceanogr.), 47(9-11): 1853-1875.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN