



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S. C.

Programa de Estudios de Posgrado

**Bases de manejo costero: Patrones ecológicos en la
laguna costera Las Guásimas, Territorio Yaqui,
México**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos
Naturales
(Orientación en Ecología)

presenta

José Alfredo Arreola Lizárraga

La Paz, B. C. S., Diciembre 2003

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 10:00 horas del día 19 del Mes de Noviembre del 2003, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., para revisar la Tesis de Doctorado titulada:

" BASES DE MANEJO COSTERO: PATRONES ECOLÓGICOS EN LA LAGUNA COSTERA LAS GUÁSIMAS, TERRITORIO YAQUI, MÉXICO "

Presentada por el alumno:

José Alfredo Arreola Lizárraga

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN:

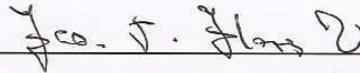
ECOLOGÍA

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su APROBACIÓN DE LA TESIS, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

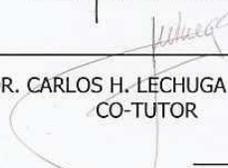


LA COMISIÓN REVISORA

DR. ALFREDO ORTEGA RUBIO
DIRECTOR DE TESIS



DR. FRANCISCO JAVIER FLORES VERDUGO
CO-TUTOR



DR. CARLOS H. LECHUGA DEVÉZE
CO-TUTOR



DR. SERGIO HERNÁNDEZ VÁZQUEZ
CO-TUTOR



DR. MARTÍN BOTELLO RUVALCABA
CO-TUTOR



DRA. THELMA ROSA CASTELLANOS CERVANTES,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMITÉ TUTORIAL

Dr. Alfredo Ortega Rubio
Dr. Francisco Flores Verdugo
Dr. Carlos Lechuga Devezé
Dr. Sergio Hernández Vázquez
Dr. Martin Botello Ruvalcaba

COMITÉ REVISOR DE TESIS

Dr. Alfredo Ortega Rubio
Dr. Francisco Flores Verdugo
Dr. Carlos Lechuga Devezé
Dr. Sergio Hernández Vázquez
Dr. Martin Botello Ruvalcaba
Dra. Lía Celina Méndez Rodríguez (suplente)

JURADO DE EXAMEN

Dr. Alfredo Ortega Rubio
Dr. Francisco Flores Verdugo
Dr. Carlos Lechuga Devezé
Dr. Sergio Hernández Vázquez
Dr. Martin Botello Ruvalcaba

DEDICATORIA

A mi compañera de vida:

María De Los Angeles

Y a nuestros hijos:

Marisol

Mariana

Mariela

José Alfredo

AGRADECIMIENTOS

Mis estudiantes: Andrés Hernández, Luis Hernández, Javier Enríquez, Trinidad Soto y Sara Burrola, concluyeron sus tesis y fortalecieron mi formación durante los estudios de doctorado.

Este estudio fue financiado por el proyecto: Ecología y manejo de los ecosistemas costeros del territorio Yaqui (IAC - 3, CIBNOR, S. C.). El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología otorgó una beca para realizar mis estudios: Reg. No. 124638.

El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a través de su titular Dr. Mario Martínez García, y la Dirección de Posgrado del Centro a través de su titular Dra. Thelma Castellanos, Sec. Guadalupe Sánchez, Jefa Dpto. de Becas Leticia González, Jefa Dpto. Servicios escolares Osvelia Ibarra, Jefe Dpto. Computo Horacio Sandoval, brindaron directrices, soporte y amplias facilidades. El personal administrativo de la Unidad Guaymas del CIBNOR, S. C., proporcionó atento y valioso apoyo.

El comité tutorial, doctores: Alfredo Ortega (Manejo de recursos naturales), Francisco Flores (Ecología de manglares), Carlos Lechuga (Dinámica de nutrientes y productividad), Sergio Hernández (Ecología pesquera) y Martin Botello (Procesos biogeoquímicos y manejo costero), mantuvieron, siempre, la crítica constructiva.

Tres cursos especializados fueron especialmente importantes por su mensaje, así como por la oportunidad de generar y enriquecer ideas, estoy en deuda con sus instructores:

1. Temas selectos de eutroficación costera (ICMyL UNAM Estación Mazatlán).
Dr. Federico Páez Osuna, Dr. Ivan Valiela y Dr. Just Cebrian.
2. Bases ecológicas para el manejo de ecosistemas costeros (CINVESTAV-IPN Unidad Mérida).
Dr. Jorge Herrera Silveira y Dr. Francisco Comín.
3. Ecología de ecosistemas costeros tropicales (INECOL - Xalapa)
Dr. Alejandro Yáñez Arancibia, Dra. Patricia Moreno Casasola, Dr. Robert R. Twilley, Dr. Irving Mendelssohn, Dr. Enrique Reyes y Dra. Ana Laura Lara Domínguez.

El Geol. Mar. Gustavo Padilla me ilustró en geología y geomorfología, y la M. C. Sara Burrola en circulación de lagunas costeras. El Dr. Luis Brito, atendió mis dudas en meteorología e hidrología.

El personal técnico del CIBNOR, S. C., adscrito a los laboratorios de calidad de agua y manejo costero apoyaron el trabajo en campo y el procesamiento de muestras en laboratorio. El laboratorio de pesquerías proporcionó bases de datos climatológicos. La edición de figuras se deben a Ing. Fernando Dorado e Ing. David Urías. La edición de los manuscritos en inglés fue realizada por Albert Brandt y Elis Glazier.

Cirilo Sol Conejera, pescador de la comunidad Yaqui, nos apoyó alegremente en cada uno de los 24 meses de muestreo.

CONTENIDO

	Página
Acta de revisión de tesis.....	i
Comité Tutorial, Comité Revisor y Jurado del Examen.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Lista de figuras.....	vi
Lista de tablas.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	x
I. Introducción.....	1
II. Material y métodos.....	9
III. Resultados.....	15
1. Variaciones de nutrientes, clorofila "a" y productividad primaria acuática.....	15
2. Estructura y producción de hojarasca del manglar...	19
3. Ecología de las jaibas <i>Callinectes arcuatus</i> y <i>C. bellicosus</i> y los camarones <i>Litopenaeus stylirostris</i> y <i>Farfantepenaeus</i> <i>californiensis</i>	22
IV. Discusión.....	29
V. Conclusiones.....	48
VI. Literatura citada.....	50
VII. Anexos.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Área de estudio mostrando los sitios de muestreo.....	14
2. Temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante marzo 1998 – febrero 1999 en la laguna Las Guásimas.....	15
3. a) Nutrientes, b) clorofila “a” y productividad primaria acuática durante marzo 1998 – febrero 1999 en la laguna Las Guásimas.....	16
4. Variabilidad de nutrientes durante condiciones de flujo y reflujo de la marea durante marzo 1998 – febrero 1999 en la boca de la laguna Las Guásimas.....	18
5. a) Producción de hojarasca y b) variables climáticas durante dos ciclos anuales en Las Guásimas.....	21
6. a) Variabilidad de temperatura y salinidad del agua, y b) registro de lluvias en dos ciclos anuales en la laguna Las Guásimas.....	23
7. Variabilidad de la abundancia de <i>Callinectes arcuatus</i> y <i>C. bellicosus</i> en la laguna Las Guásimas.....	25
8. Distribución espacial de <i>Callinectes arcuatus</i> y <i>C. bellicosus</i> en la laguna Las Guásimas.....	25
9. Abundancia diurna y nocturna de <i>Litopenaeus stylirostris</i> y <i>Farfantepenaeus californiensis</i> en la laguna Las Guásimas.....	27
10. Variabilidad de la abundancia de <i>Litopenaeus stylirostris</i> y <i>Farfantepenaeus californiensis</i> en la laguna Las Guásimas.....	28
11. Distribución espacial de la abundancia de <i>Litopenaeus stylirostris</i> y <i>Farfantepenaeus californiensis</i> , y de la biomasa de macroalgas en la laguna Las Guásimas.....	28
12. Modelo conceptual de la ecología de las jaibas <i>Callinectes arcuatus</i> y <i>C. bellicosus</i> en lagunas costeras de la región arida y semiárida subtropical en el Golfo de California.....	39
13. Modelo conceptual de ocurrencia diurna y estacional, y preferencia de hábitat de los juveniles de <i>Litopenaeus stylirostris</i> y <i>Farfantepenaeus californiensis</i> en lagunas áridas y semiáridas de la costa este del Golfo de California.....	44

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Nutrientes, clorofila "a" y productividad primaria acuática en la boca y parte interna de la laguna Las Guásimas.....	18
2. Composición de la hojarasca de manglar en dos ciclos anuales en Las Guásimas, México.....	20
3. Características estructurales y producción de hojarasca para diferentes tipos de bosque de manglar comparados con el manglar de Las Guásimas.....	34

BASES DE MANEJO COSTERO: PATRONES ECOLÓGICOS EN LA LAGUNA COSTERA LAS GUÁSIMAS, TERRITORIO YAQUI, MÉXICO

RESUMEN

El entendimiento de procesos ecológicos en lagunas costeras mediante un enfoque que integre aspectos físicos con biogeoquímica y ecología proporciona las bases para el uso, preservación y manejo de estos ecosistemas. Este estudio se desarrolló en el periodo marzo 1998 - febrero 2000, en la laguna costera Las Guásimas ($27^{\circ} 49' - 55' N$, $110^{\circ} 29' - 45' W$), un sistema prístino representativo de lagunas costeras de la costa este ($24^{\circ} - 29^{\circ} N$) del Golfo de California. El objetivo fue conocer patrones ecológicos mediante el análisis de la influencia de procesos físicos en la variabilidad estacional de nutrientes, biomasa de fitoplancton, productividad primaria acuática, estructura y productividad del manglar, así como en la ecología de jaibas (*Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus*) y camarones (*Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis*). Se observó que los escurrimientos terrígenos hacia la laguna generados por las lluvias principalmente en verano, y las surgencias costeras generadas por vientos en invierno-primavera, son las fuentes que controlan el patrón anual de nutrientes manifestado con picos en verano ($NO_2 + NO_3 = 0.37 \mu M$; $PO_4 = 0.8 \mu M$) e invierno ($NO_2 + NO_3 = 0.32 \mu M$; $PO_4 = 1.23 \mu M$), y esto se refleja en el mismo patrón de la biomasa y productividad del fitoplancton: verano (Cl "a" = $6.3 \mu g L^{-1}$, PPN = $808 mg C m^{-2} d^{-1}$) e invierno (Cl "a" = $4.3 \mu g L^{-1}$, PPN = $605 mg C m^{-2} d^{-1}$). La microtopografía, elevación del nivel medio del mar y amplitud de la marea determinan que el manglar dominado por *Avicennia germinans* este sujeto a inundación únicamente en verano, y aunado a la influencia del clima árido (evaporación $\approx 3000 mm a\tilde{n}o^{-1}$, precipitación $< 300 mm a\tilde{n}o^{-1}$), influyen en su escaso desarrollo estructural (densidad: $4,700 ha^{-1}$; área basal : $13.5 m^2 ha^{-1}$, altura promedio: 2.7 m; índice de complejidad: 1.7) y producción de hojarasca ($1.75 tons ha^{-1} a\tilde{n}o^{-1}$), esta última con un patrón anual unimodal con máximos en verano, explicado principalmente por la razón lluvias:evaporación. La salinidad de la laguna ligeramente mayor a la del océano y con un intervalo anual de variación estrecho (37.6 ± 1.9 ups) favorece la ocurrencia y

dominancia de especies estenohalinas (*C. bellicosus* y *F. californiensis*) sobre especies eurihalinas pero con afinidad por salinidades menores (*C. arcuatus* y *L. stylirostris*), y la temperatura del agua con marcada variación anual (≈ 16 ° C) es un factor clave en el control de la temporada reproductiva de las jaibas durante primavera y verano (> 21 ° C) y la ocurrencia de camarón azul *L. stylirostris* exclusivamente en verano ($27 - 32$ ° C). Los patrones ecológicos de jaibas (*C. arcuatus* y *C. bellicosus*) y camarones (*F. californiensis* y *L. stylirostris*) en esta laguna "restringida" subtropical de clima árido difieren de aquellos que estas mismas especies presentan en lagunas "obstruidas" tropicales de clima húmedo que caracterizan a la costa del Pacífico mexicano, indicando la influencia de los procesos geofísicos en procesos biológicos. La hipótesis que este estudio sostiene es que los patrones ecológicos observados en Las Guásimas representan la variabilidad natural de las lagunas costeras de la costa este del Golfo de California ($24^{\circ} - 29^{\circ}$ N) y constituyen una referencia útil para evaluar los cambios inducidos por la influencia de las actividades humanas, así como para orientar una estrategia regional de manejo.

Palabras clave : laguna costera, Golfo de California, ecología estuarina.

ECOLOGICAL PATTERNS OF THE LAS GUÁSIMAS COASTAL LAGOON IN MEXICO'S YAQUI TERRITORY AS BASES FOR COASTAL MANAGEMENT

ABSTRACT

An understanding of the ecological processes of coastal lagoons through a focus that integrates physical, biogeochemical and ecological processes provides the bases for the use, preservation and management of these ecosystems. The Las Guásimas coastal lagoon (27° 49' - 55' N, 110° 29' - 45' W), a pristine system representative of the coastal lagoons on the Gulf of California's eastern coast (24° - 29° N), was studied from March 1998 to February 2000. The objective was to know about annual patterns of nutrients, phytoplankton biomass, primary aquatic productivity and the structure and productivity of the lagoon's mangrove stand as well as about the ecology of certain swimming crab (*Callinectes arcuatus* and *C. bellicosus*) and shrimp (*Litopenaeus stylirostris* and *Farfantepenaeus californiensis*) species. It was observed that runoff primarily resulting from summer rains and coastal upwellings caused by winds during winter-spring govern the annual nutrient pattern of summer ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 = 0.37 \mu\text{M}$; $\text{PO}_4 = 0.8 \mu\text{M}$) and winter ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 = 0.32 \mu\text{M}$; $\text{PO}_4 = 1.23 \mu\text{M}$) peaks, a pattern that also held true for phytoplankton biomass and productivity (summer: $\text{Chl } a = 6.3 \mu\text{g L}^{-1}$, $\text{PP} = 808 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; winter: $\text{Chl } a = 4.3 \mu\text{g L}^{-1}$, $\text{PP} = 605 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Microtopography, mean sea level and tide amplitude determined that the mangrove stand, dominated by *Avicennia germinans*, would be subject to inundation only in summer; in addition to these factors, the arid climate (evaporation: $\approx 3000 \text{ mm per year}^{-1}$, precipitation $< 300 \text{ mm per year}^{-1}$) also contributed to the stand's lack of structural development (density: $4,700 \text{ ha}^{-1}$; basal area: $13.5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$; average height: 2.7 m; complexity index: 1.7) and litterfall production ($1.75 \text{ tons ha}^{-1}$), with the latter having an annual unimodal pattern of summer highs primarily explained by the rain : evaporation ratio. The lagoon's salinity, slightly greater than that of the ocean and with a narrow annual variation interval ($37.6 \pm 1.9 \text{ ups}$), favors the occurrence and dominance of the estenohaline species *C. bellicosus* and *F. californiensis* over the species *C. arcuatus* and *L. stylirostris* which, although euryhaline, have an affinity for less saline waters. Water temperature, with a marked annual variation ($\approx 16 \text{ }^\circ \text{C}$), is a key factor in the control of the crabs' spring - summer ($>21 \text{ }^\circ \text{C}$) reproductive season

and in the seasonal occurrence of the blue shrimp *L. Stylirostris* exclusively in the summer (27 – 32 ° C). The ecological patterns of swimming crabs (*C. arcuatus* and *C. bellicosus*) and shrimps (*F. californiensis* and *L. stylirostris*) in this “restricted lagoon” in an arid climate differ from those presented by these same species in the “choked lagoons” with humid climates characteristic of the Mexican Pacific coast, thus reflecting the particular structure and function of sub-tropical arid and semi-arid coastal lagoons. An hypothesis suggested by this study is that the ecological patterns observed in Las Guásimas represent the natural variability of coastal lagoons on the Gulf of California’s eastern coast (24° – 29° N) and thus constitute both a useful reference for evaluating changes induced by human activities and a support in planning a regional management strategy.

Key words: coastal lagoon, Gulf of California, estuarine ecology.

I. INTRODUCCIÓN

Existen seis tipos de cuerpos de agua costeros: estuarios, lagunas costeras, fiordos, bahías, estrechos y ríos influenciados por mareas (Kjerfve, 1994). En particular, las lagunas costeras y estuarios presentan diferencias en sus características hidrológicas y geomorfológicas (ver Pritchard, 1967; Fairbridge, 1980; Lankford, 1977; Kjerfve, 1994) y presentan similitudes en sus funciones ecológicas y económicas (ver Nelson-Smith, 1977; Colombo, 1977; Day y Yañez-Arancibia, 1982; Yañez-Arancibia, 1987).

La importancia ecológica de las lagunas costeras y estuarios resulta de: (1) su alta productividad, originada por la contribución de varios tipos de productores primarios, la energía de mareas y circulación, la abundancia de nutrientes, y la conservación, retención y eficiencia del reciclaje de nutrientes entre hábitats bentónico, pelágico y humedales (p. 188 Alongi, 1998) y (2) por constituir hábitats de crianza, alimentación o refugio de diversas especies de invertebrados, peces y aves, residentes o dependientes de estos hábitats en alguna fase de su ciclo de vida (p. 35 Day *et al.*, 1989). Su importancia económica radica en que sostienen pesquerías, acuicultura, turismo y otras actividades productivas (p. e., explotación de sal y movimiento de carga marítima) que impulsan desarrollos portuarios y urbanos (p. 2 Kennish, 2000).

La variabilidad ambiental de estuarios y lagunas costeras está influenciada por diversos factores: geomorfología, clima, vientos, lluvias, ríos, mareas y circulación costera (Fairbridge, 1980; Nichols y Allen, 1981; Phleger, 1981), que influyen en la dinámica de nutrientes, ciclos de producción orgánica y estructura de las comunidades (Krumbein *et al.*, 1981; Boynton *et al.*, 1982; Nixon, 1982; Knoppers, 1994).

Es importante, para fines de entender procesos ecológicos, considerar que estos ecosistemas, como zonas de transición entre la tierra y el mar, son particularmente susceptibles a oscilaciones cíclicas de diferentes escalas temporales: días (p.e., ciclo de mareas), estaciones (p.e., flujo de ríos, patrones de lluvias y vientos), años (p.e., eventos meteorológicos) o épocas (glaciación-interglaciación) (Wolfe y Kjerfve, 1986).

Una clasificación de lagunas costeras que tiene gran significado para entender procesos ecológicos básicos ha sido sugerida en las contribuciones de Kjerfve (1986), Kjerfve y Magill (1989) y Kjerfve (1994), donde se reconocen tres tipos geomorfológicos cuya magnitud del intercambio de agua con el océano va de menor a mayor: (1) obstruidas, (2) restringidas y (3) de barreras múltiples. Esta clasificación es particularmente importante porque las lagunas son fuertemente

influenciadas por mareas, entrada de agua dulce y vientos, y las respuestas hidrodinámicas a cada uno de estos factores dependen de las características de sus bocas por donde se regula el intercambio de agua con el océano.

Por otra parte, un aspecto relevante es la influencia de las actividades humanas sobre estos ecosistemas que puede manifestarse con efectos ambientales adversos tales como sobre-enriquecimiento por nutrientes, contaminación por metales pesados, contaminación por patógenos, pérdida de hábitats y agotamiento de recursos pesqueros, creando necesidades específicas de restauración y manejo para preservar sus funciones ecológicas y económicas.

En particular, el concepto de síntesis estuarina sugerido por Hobbie (2000), considera la descripción de patrones, mecanismos e interacciones que permiten construir nuevos modelos conceptuales, y el análisis de sistemas representativos de un espectro de estuarios ("o lagunas costeras") con un enfoque que integre procesos físicos con biogeoquímica y ecología, es de gran utilidad para guiar acciones de restauración y manejo ambiental.

La literatura internacional reciente muestra un esfuerzo científico orientado a la síntesis de aspectos estructurales y funcionales de lagunas costeras y estuarios en contextos regionales, como ejemplo destacan los libros colegiados editados por

Bianchi *et al.* (1999) sobre la Biogeoquímica de los Estuarios del Golfo de México; Perillo *et al.* (1999) sobre los Estuarios de Sudamérica; Seelinger y Kjerfve (2001) sobre los Ecosistemas Costeros de Latinoamérica. Adicionalmente a las contribuciones incluidas en estas obras, con el mismo enfoque destacan los trabajos en sistemas de Australia (Eyre, 1998; Roy *et al.*, 2001), Delta del Mississippi (Turner, 2001), Dinamarca (Ramussen y Josefson, 2002) y Nueva Zelanda (Healy *et al.* 1996; Kirk y Lauder, 2000).

El Golfo de California, un mar marginal del Océano Pacífico, con 1,200 km de longitud, profundidad media de 800 m y superficie de 150, 000 km² (Tamayo, 1970), presenta un conjunto de lagunas costeras ubicadas en su mayoría en la costa este, principalmente entre los 24° – 29° N, las cuales se originaron por erosión diferencial (I - C), sedimentación terrígena diferencial asociadas a prismas deltaicos (II - A), y por inundación de depresiones costeras (III - A) (ver Lankford, 1977); comparten características geomorfológicas y de intercambio de agua con el océano, y tienen influencia de: (1) climas árido y semiárido (García, 1988) donde la tasa de evaporación ($\approx 2,500 \text{ mm año}^{-1}$) excede a la precipitación pluvial ($< 600 \text{ mm año}^{-1}$), (2) un patrón estacional de vientos que provienen del noroeste durante octubre-marzo con duración de 3 – 6 días y velocidades de 8 - 10 m s⁻¹ y del sureste durante junio – septiembre con menor duración en días y velocidades de 2 - 5 m s⁻¹ (Alvarez-Borrego, 1983), (3) las masas de agua de la provincia

oceanográfica Golfo Inferior caracterizada por amplitudes de marea < 1 m, temperaturas superficiales de 17 °C en invierno y 26 °C en verano, salinidades relativamente altas con variaciones mínimas ($35 - 36$ ups), y corrientes superficiales con dirección, predominantemente, hacia el sureste en invierno y hacia el noroeste en verano (Roden y Emilsson, 1980).

Este estudio se desarrolló en una laguna representativa de esta región del golfo: Las Guásimas ($27^{\circ} 49' - 55' N$, $110^{\circ} 29' - 45' W$), que tiene una superficie de 37 km² y profundidad media de 0.7 m (Figura 1), donde las lluvias y sus escorrentías son las únicas fuentes de agua dulce. Se caracteriza por: (1) tener comunicación permanente con mar abierto a través de una boca de 2 km de longitud con dos canales de entrada, (2) circulación inducida principalmente por mareas, las cuales son mixtas semidiurnas con amplitud de 0.8 m, (Chávez-López, 2001), (3) estar influenciada por un patrón estacional de vientos y (4) ser un sistema bien mezclado verticalmente derivado de la influencia de mareas y vientos. Con base en estas características, la laguna es del tipo "restringida" (ver Kjerfve, 1986; Kjerfve y Magill, 1989; Kjerfve, 1994) y el estudio se dirigió a conocer aspectos de su estructura y función.

Un primer aspecto que se aborda es el conocimiento de los pulsos estacionales de nutrientes y la identificación de la importancia relativa de las fuentes, así como las

variaciones estacionales de biomasa de fitoplancton y producción primaria acuática, considerando que este conocimiento proporciona considerable ayuda para entender procesos ecológicos y es una referencia útil para comparaciones sistemáticas entre lagunas costeras (Gilmartin y Relevante, 1978; Knoppers, 1994; Pennock *et al.*, 1999).

Otro aspecto fundamental fue el de determinar la estructura y productividad de un manglar de región árida, así como los factores ambientales que explican estos aspectos. La relevancia es que existe escasa información sobre manglares de zonas áridas. Sobre esto se considera la clasificación ecomorfológica sugerida por Twilley (1998) basada en la hipótesis de que un gradiente en las fuerzas de función (p.e., procesos geofísicos) de una región costera, resultará en una variación del flujo de energía y reciclaje de materiales, lo que a su vez se reflejará en diferentes patrones de la estructura del bosque, biomasa, productividad, biogeoquímica, e intercambio de nutrientes y materia orgánica con las aguas costeras.

El aporte de materia orgánica del fitoplancton y manglar a la laguna y el conocimiento de sus patrones estacionales ayudan a explicar la importancia relativa de las vías fotosintética y detrítica en la producción orgánica del sistema, y aunado a la variabilidad ambiental son claves para entender ciclos de vida de especies asociadas a estos sistemas. Este estudio presenta información sobre la ecología de jaibas (*Callinectes arcuatus* Ordway, 1863; *C. bellicosus* Stimpson,

1859) y camarones (*Farfantepenaeus californiensis* Holmes, 1900; *Litopenaeus stylirostris* Stimpson, 1874) que dependen de estas lagunas costeras en las primeras fases de sus ciclos de vida. El entendimiento de la ecología de especies explotadas es fundamental para diseñar estrategias de manejo pesquero y estas especies sostienen las pesquerías más importantes de la región, por su demanda y valor comercial.

Algunos aspectos sobre la ecología de *C. arcuatus* y *C. bellicosus* en el golfo habían sido aportados por Paul (1977, 1981, 1982), Loesch (1980), Salazar-Torres (1980), Villarreal-Chavez (1992) y Escamilla-Montes (1998). Asimismo, en lagunas áridas del golfo se ha observado que co-ocurren individuos juveniles de *F. californiensis* y *L. stylirostris* (Loesch, 1980; Grijalva-Chon y Barraza-Guardado, 1992). El presente estudio sugiere modelos conceptuales de la ecología de las especies de jaibas y camarones en las lagunas costeras áridas de la costa este del golfo.

En este trabajo, la laguna costera Las Guásimas se consideró un sistema prístino, debido a que durante el periodo de estudio no recibió cargas de nitrógeno y fósforo derivadas de fuentes antropogénicas. La relevancia estriba en que: (1) la laguna Las Guásimas comparte características comunes con la mayoría de un conjunto de lagunas costeras ubicadas en la costa este del Golfo de California, tales como la condición de ser lagunas restringidas, tener la influencia de clima

árido y de la provincia oceanográfica Golfo Inferior, (2) la mayoría de estas lagunas están siendo influenciadas por vertimientos de aguas residuales (agrícolas, camaronícolas, pecuarias, industriales y urbanas), sin o con insuficiente tratamiento y control de las cargas de nitrógeno y fósforo, y otros agentes contaminantes tales como agroquímicos y organismos patógenos, y (3) no obstante el reconocimiento de la importancia de estos ecosistemas por sus funciones ecológicas (p. e., sitios de crianza de camarones y jaibas) y económicas (p. e. pesquerías, acuacultura, explotación de sal, etc.), carecen de un programa de manejo.

En este sentido, la información de patrones ecológicos en una laguna prístina resulta una referencia útil para comparar indicadores de eutrofización y otras respuestas a cambios inducidos por las actividades humanas en las diferentes lagunas costeras de esta región del Golfo de California.

El objetivo fue conocer patrones ecológicos mediante el análisis de la influencia de procesos físicos en la variabilidad estacional de nutrientes, biomasa de fitoplancton, productividad primaria acuática, estructura y productividad del manglar, así como en la ecología de jaibas (*Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus*) y camarones (*Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis*).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Determinación de parámetros de calidad del agua y variables meteorológicas.

Se obtuvieron muestras de agua mensualmente desde marzo 1998 hasta febrero 1999 en dos sitios de la laguna, uno localizado en un extremo interior (0.6 m de profundidad promedio) y otro en la boca (3.2 m de profundidad promedio) (Figura 1). La productividad primaria acuática fue estimada en la mañana y la concentración de nutrientes, clorofila "a", temperatura, salinidad y oxígeno disuelto fueron registrados cada cuatro horas en ciclos de 24 horas, incluyendo registros durante los periodos de flujo y reflujo de la marea. La estación de muestreo ubicada en la boca permitió obtener información del ingreso y egreso de nutrientes de la laguna durante los periodos de flujo y reflujo, respectivamente. En cada sitio se obtuvieron muestras de agua subsuperficiales en botellas de plástico que se mantuvieron en hielo durante su traslado al laboratorio donde se procesaron para determinar la concentración de nitratos, nitritos, ortofosfato y clorofila "a" corregida. La concentración de nutrientes se determinó mediante métodos químicos y la de clorofila "a" con espectrofotometría mediante el método de extracción con acetona de pigmentos de material fitoplanctónico retenido en filtros A / E Gelman de 1- μm de capacidad de retención (Parson *et al.*, 1984). La productividad primaria acuática fue estimada por el método de producción de oxígeno en botellas claras y oscuras descrito por Strickland y Parson (1972), en

cada estación de muestreo se utilizaron cuatro botellas claras y cuatro oscuras, con un periodo de incubación *in situ* de cuatro horas que inició entre las 9:00 y 10:00 horas del día. Los valores de productividad primaria neta en la columna de agua fueron convertidos a unidades de área mediante la ecuación de Vollenweider (1974). Las tasas de productividad por hora fueron convertidas a tasas por día multiplicando los valores por un factor de conversión de 8.6 que corrige los periodos de mañana y tarde cuando hay menor cantidad de luz (Randal y Day 1987; Flores-Verdugo *et al.*, 1988; Sandoval-Rojo *et al.*, 1988; Flores-Verdugo *et al.*, 1990). La temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en el agua se registraron *in situ* en cada estación de muestreo con un multisensor autónomo marca Hydrolab, modelo Recorder.

Los datos de viento, precipitación pluvial fueron proporcionados por la estación meteorológica localizada a 15 km al noroeste de la laguna. Los datos de viento corresponden al promedio diario de velocidad (m s^{-1}) del viento dominante un día antes y en el día de muestreo. Los datos de lluvias corresponden al total (mm) registrado en el mes previo al día de muestreo.

Se aplicaron análisis estadísticos no paramétricos, debido a que la distribución de los datos de calidad del agua no son normales (Sanders *et al.*, 1987) y siguen una distribución log-normal. Se utilizó un análisis Kruskal-Wallis para determinar la

existencia de diferencias significativas entre estaciones de muestreo. Se utilizó un análisis de correlación de Spearman, con el propósito de conocer el grado de asociación entre las variables meteorológicas y parámetros de calidad del agua (Conover, 1971).

2. Determinación de estructura y estimación de producción de hojarasca del manglar.

La estructura del manglar fue estimada por medio de cuatro transectos perpendiculares a la línea de costa y cuadrantes (10 m^2) equidistantes fueron establecidos a lo largo de los transectos siguiendo los criterios de Cintron *et al.* (1978). Se estimaron la altura promedio, densidad, área basal e índice de complejidad (Holdridge *et al.*, 1971). A lo largo de cada transecto se realizó un estudio topográfico mediante la técnica de microtopografía (García-Márquez, 1984) para conocer el perfil de la laguna con respecto al nivel medio de mareas. El nivel de referencia de mareas se obtuvo del programa de predicción de marea Version 0.32 (González, 2001).

La hojarasca fue recolectada en canastillas de 1 m^2 construidas con malla de plástico de 1 mm de luz de malla. La hojarasca se estimó mensualmente desde marzo 1998 hasta febrero 2000 con el método descrito por Heald (1971). El material recolectado mensualmente se separó en hojas, flores, frutos y ramas, se secó a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 horas y posteriormente fue pesado.

Los datos mensuales de temperatura ambiental, vientos, lluvias, y evaporación fueron proporcionados por la estación meteorológica localizada a 15 km al noroeste de la laguna. Adicionalmente, se estimó el nivel medio del mar para cada mes. Se utilizó un análisis de regresión múltiple para relacionar los valores de producción de hojarasca con los registros de lluvias, nivel del mar y razón lluvias:evaporación. Los análisis estadísticos se hicieron con el paquete Statistica® 6.0 (Stat Soft, Tulsa, OK, USA).

3. Recolección y análisis de jaibas y camarones.

Las jaibas y camarones fueron recolectados de día y de noche mensualmente desde marzo 1998 hasta febrero 2000 en seis estaciones de muestreo (Figura 1), mediante una red de arrastre de 3 x 1.5 m de abertura de boca, 6 m de largo y 2.5 cm de luz de malla. En cada estación se hicieron lances de 10 minutos, con registros simultáneos de temperatura y salinidad del agua con un multisensor autónomo marca Hydrolab, modelo Recorder. En cada lance se separaron las macroalgas y se registró el peso húmedo, una muestra de macroalgas fue trasladada al laboratorio, donde se secó a 70 °C durante 24 horas y se registró el peso seco. Las jaibas y camarones fueron separados en bolsas de plástico etiquetadas con fecha, hora y estación de muestreo, y se mantuvieron en hielo hasta su traslado al laboratorio.

Las especies de jaibas se identificaron siguiendo los criterios de Rathbun (1930) y Hendrickx (1995). La diferenciación de las especies se basó en la forma de las espinas frontales y el sexo se determinó por la forma del abdomen. Las biometrías consistieron en: (1) medir el ancho del caparazón (distancia entre las puntas de las espinas anterolaterales) con un Vernier de 0.1 mm de precisión, y (2) pesar los organismos en una balanza College 300 Metter con 0.01 g precisión

Las especies de camarones fueron identificadas de acuerdo a los criterios de Hendrickx (1995). La diferenciación de las especies se basó en el surco rostral, extensión de la carina y la fórmula de los dientes rostrales.

Los datos se procesaron en una hoja de cálculo Excel 7.0. Los valores de abundancia se estandarizaron a ind. ha⁻¹ mediante la división de la abundancia observada entre un factor de conversión (0.165) obtenido del área de arrastre estimada de la multiplicación de la distancia recorrida por la red en 10 minutos de arrastre (550 m) por la abertura de la boca (3 m). Los datos de abundancia fueron analizados mediante un análisis de varianza de una vía y una prueba t de Student para comparar los valores de día y de noche. Todos los análisis se hicieron a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Los análisis estadísticos se hicieron con el paquete Statistica® 6.0 (Stat Soft, Tulsa, OK, USA).

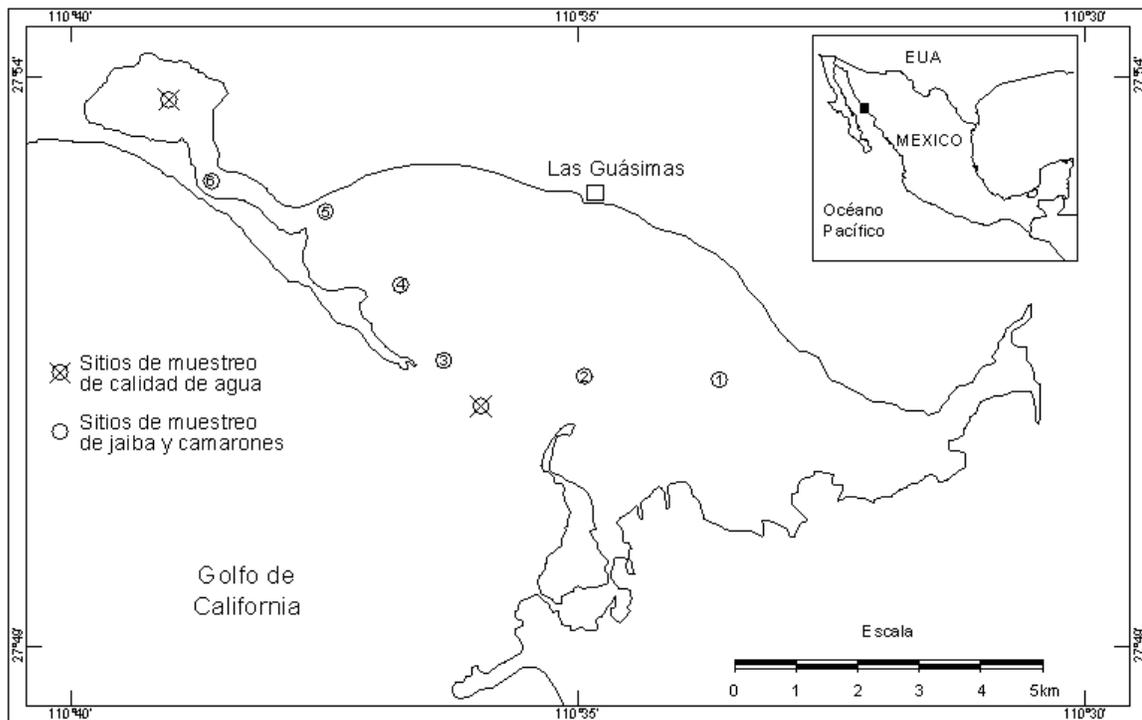


Figura 1. Área de estudio mostrando los sitios de muestreo.

III. RESULTADOS

1. Variaciones de nutrientes, clorofila "a" y productividad primaria acuática.

Parámetros físico-químicos

Los valores promedio mensuales de temperatura del agua mostraron variaciones estacionales con valores más altos desde julio hasta septiembre ($32 - 33\text{ }^{\circ}\text{C}$) y más bajos durante diciembre y enero ($16 - 17\text{ }^{\circ}\text{C}$). Los valores de salinidad fueron más altos en marzo (41 ups) y más bajos en septiembre (36 ups), pero no mostraron un patrón estacional definido. El oxígeno disuelto varió estacionalmente, con valores más altos en diciembre (10 mg L^{-1}) y más bajos en agosto y septiembre (5.5 mg L^{-1}) (Figura 2).

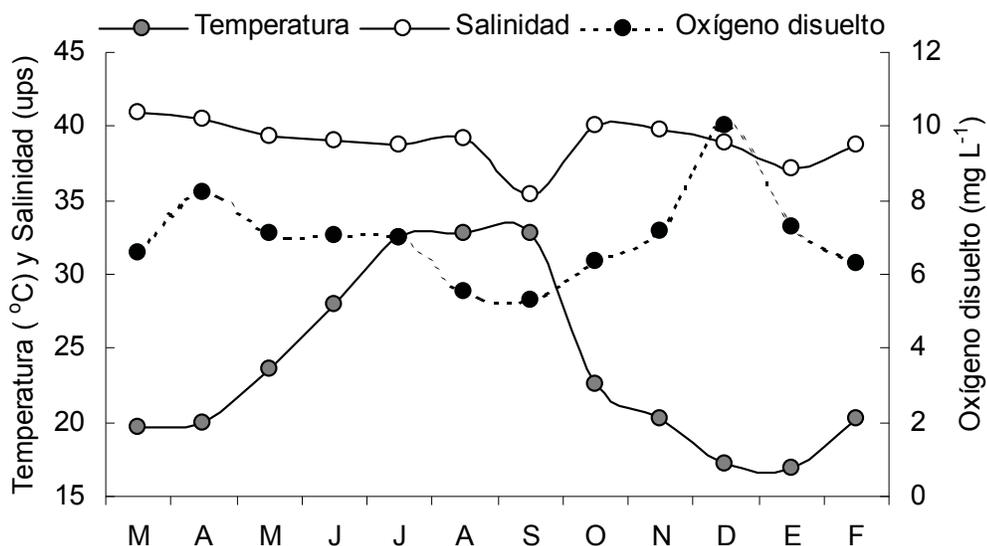


Figura 2. Temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante marzo 1998 – febrero 1999 en la laguna Las Guásimas.

Nutrientes, clorofila "a" y productividad primaria acuática

La concentración de nutrientes mostró un patrón estacional con valores de N ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) más altos en agosto y diciembre, y valores de PO_4 más altos en noviembre y diciembre (Figura 3a). Los valores de clorofila "a" y productividad primaria acuática tuvieron el mismo patrón con dos picos estacionales uno más alto en agosto y otro más bajo en diciembre (Figura 3b).

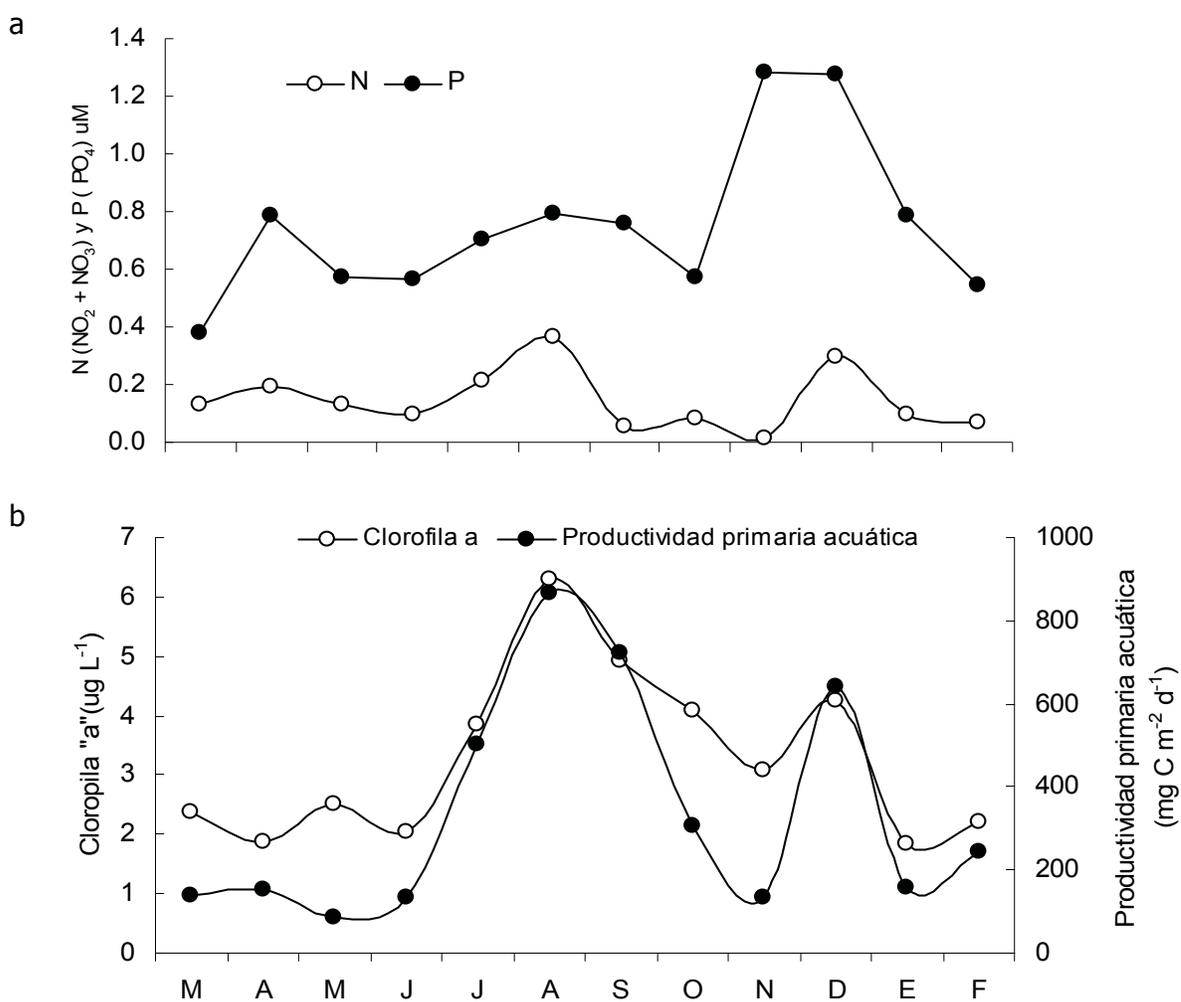


Figura 3. a) Nutrientes, b) clorofila "a" y productividad primaria acuática durante marzo 1998 – febrero 1999 en la laguna Las Guásimas.

Las correlaciones significativas se observaron exclusivamente entre nitrito y nitratos (0.867, $P < 0.001$), clorofila "a" y productividad primaria acuática (0.664, $P < 0.05$), y temperatura y oxígeno disuelto (- 0.706, $P < 0.05$).

No se observaron diferencias significativas entre los sitios ubicados en la boca y parte interna de la laguna para nutrientes, clorofila "a" y productividad primaria acuática.

En la porción interna de la laguna las concentraciones de N ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) fueron mayores durante condiciones de flujo, mientras que las concentraciones de PO_4 y clorofila "a" tuvieron valores similares durante el flujo y reflujos de la marea (Tabla 1).

En la boca de la laguna, las condiciones de flujo y reflujos de la marea mostraron que en la mayoría de los meses: (1) los valores promedio de las concentraciones de N ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) que ingresaron y salieron de la laguna fueron similares, (2) ingresó más PO_4 del que salió de la laguna y (3) las cantidades de clorofila "a" que ingresaron y salieron fueron similares. Aunque, específicamente, en diciembre se observó el mayor ingreso de nutrientes, tanto de N ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) como de PO_4 provenientes del mar adyacente (Figura 4).

Tabla 1. Nutrientes, clorofila "a" y productividad primaria acuática en la boca y parte interna de la laguna Las Guásimas.

Variable	Condición	Boca de la laguna	Interior de la laguna
N (NO ₂ + NO ₃) (μM)	Flujo	0.137 ± 0.127	0.244 ± 0.261
	Reflujo	0.099 ± 0.079	0.123 ± 0.109
PO ₄ (μM)	Flujo	0.792 ± 0.430	0.758 ± 0.404
	Reflujo	0.584 ± 0.296	0.671 ± 0.489
Clorofila "a" (μg L ⁻¹)	Flujo	2.3 ± 1.2	4.5 ± 3.8
	Reflujo	2.8 ± 1.2	2.3 ± 3.2
Producción primaria (mg C m ⁻² d ⁻¹)	Mañana	356 ± 326	326 ± 362

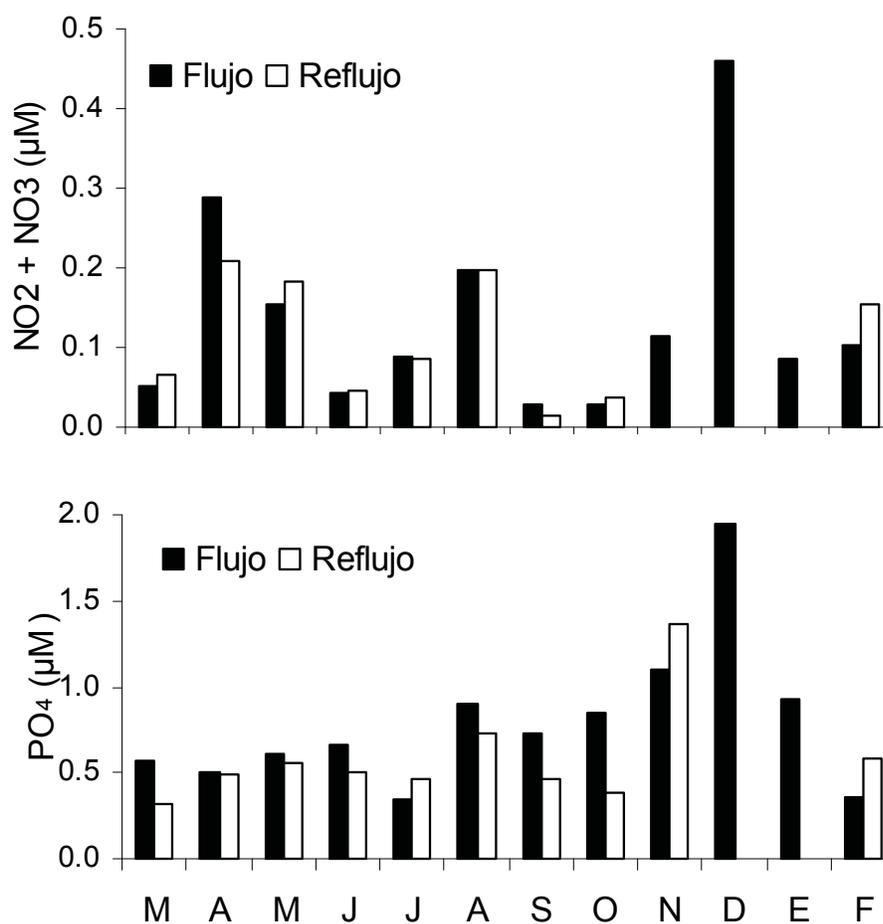


Figura 4. Variabilidad de nutrientes durante condiciones de flujo y reflujo de la marea durante marzo 1998 – febrero 1999 en la boca de la laguna Las Guásimas.

2. Estructura y producción de hojarasca del manglar.

Variables ambientales

Verano fue la estación mas lluviosa en ambos ciclos anuales estudiados, y en 1998-1999 hubo mas precipitación (342 mm) que en 1999-2000 (175 mm). La evaporación fue mayor durante mayo y junio y mas baja durante diciembre, con valores anuales de 2693 mm en 1998-1999 y 2732 mm en 1999-2000. La temperatura del aire fue mas alta en julio y agosto (30 - 31 °C) y mas baja en diciembre y enero (16 - 17 °C) (Figura 5b). El intervalo del nivel medio del mar fue 0.3 – 0.9 m, con el mínimo en marzo y el máximo en agosto. Los perfiles topográficos y el nivel medio del mar de referencia mostraron que el manglar es inundado durante las pleamares únicamente en junio, julio, agosto y septiembre.

Estructura

El bosque de manglar es prácticamente monoespecífico de *Avicennia germinans*. Los árboles de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* son escasos y ninguno fue observado en los transectos. Los valores de las características estructurales fueron: altura promedio (2.7 ± 0.7 m), densidad ($4,700 \pm 1,100 \text{ ha}^{-1}$), área basal ($13.5 \pm 3.5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), número de especies en 0.1 ha (1), e índice de complejidad (1.7).

Producción de hojarasca

La producción anual de hojarasca fue mayor en 1998-1999 que en 1999-2000 (Tabla 2). Sin embargo, los valores de hojas ($t = 0.41$, $p = 0.687$), flores y frutos ($t = 1.6$, $p = 0.137$), y ramas ($t = 1.25$, $p = 0.236$), no tuvieron diferencias significativas entre años.

Tabla 2. Composición de la hojarasca de manglar en dos ciclos anuales en Las Guásimas, México.

Componente	1998-1999 -peso seco- $\text{g m}^{-2} \text{año}^{-1}$	1999-2000 -peso seco- $\text{g m}^{-2} \text{año}^{-1}$	Promedio -peso seco- $\text{g m}^{-2} \text{año}^{-1}$
Hojas	141	133	137
Flores y frutos	26	5	15
Ramas	37	11	24
Total	204	149	175

La producción de hojarasca se observó en todos los meses de los dos ciclos anuales estudiados y mostró un patrón anual unimodal con la máxima producción en verano (Figura 5a). Respecto a la composición de la hojarasca, las hojas contribuyeron todos los meses, mientras que las flores, frutos y ramas contribuyeron únicamente en verano (Figura 5a).

El análisis de regresión múltiple con los datos de lluvias, nivel medio del mar, y razón lluvia : evaporación como variables independientes mostró que fueron altamente significativas para explicar la variabilidad de la producción de hojarasca

en el periodo de estudio. La ecuación que mejor describe la variabilidad de la producción de hojarasca es:

$$Y = 0.498 - 3.524 (X_1) + 0.927 (X_2) + 3.619 (X_3) \quad r^2 = 0.86$$

Donde X_1 son lluvias ($p < 0.001$), X_2 es nivel medio del mar ($p < 0.001$) y X_3 es la razón lluvia : evaporación ($p < 0.001$).

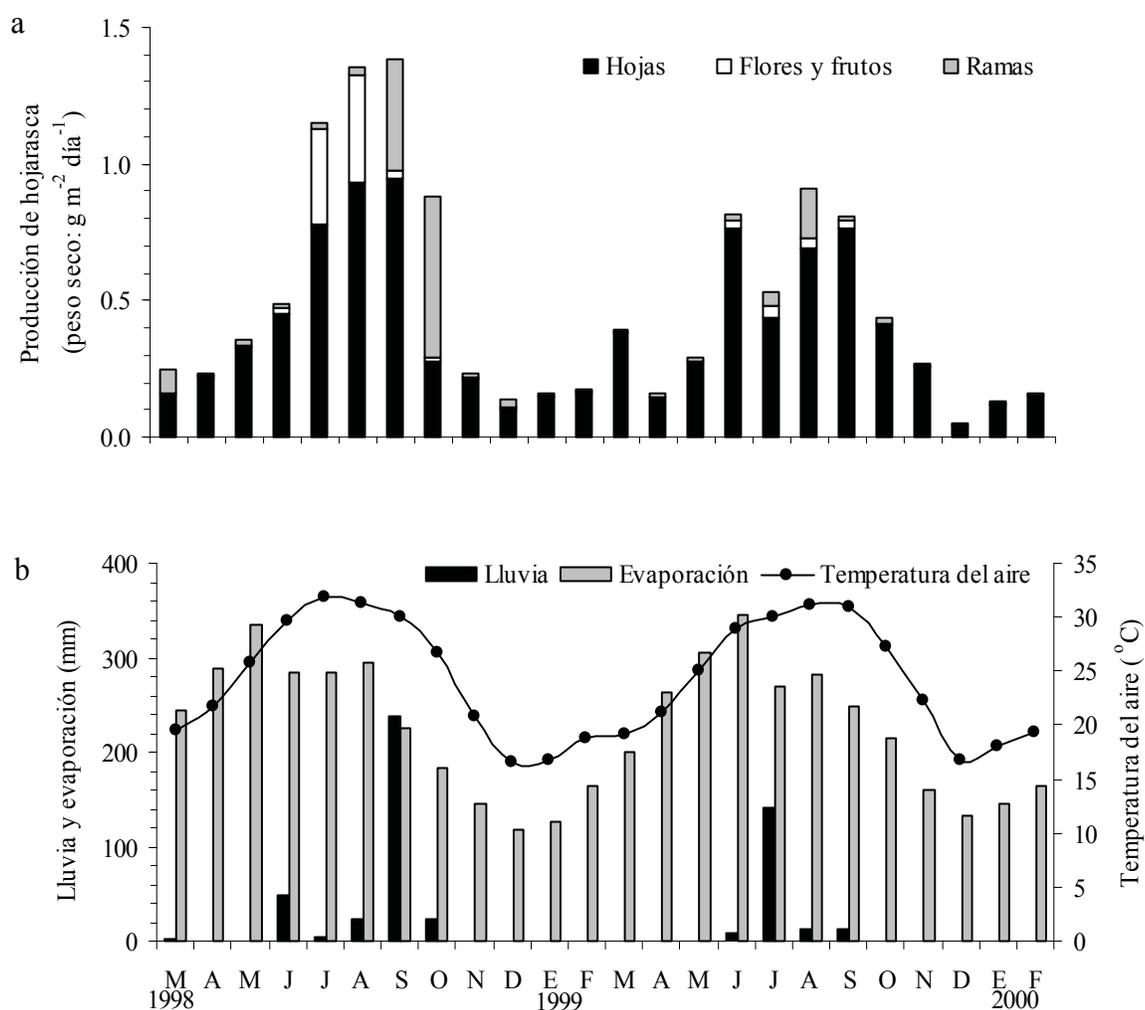


Figura 5. (a) Producción de hojarasca y (b) variables climáticas durante dos ciclos anuales en Las Guásimas.

3. Ecología de jaibas y camarones.

Variables ambientales

La temperatura y salinidad del agua no tuvieron diferencias significativas entre el día y la noche, ni entre sitios de la laguna. La temperatura del agua tuvo un patrón anual definido por los valores mas altos en verano 30 - 34 °C (julio, agosto, septiembre) y los más bajos en invierno 14 – 20 °C (diciembre, enero y febrero), con diferencias significativas entre meses ($F = 61.34$, $P < 0.05$). El intervalo de salinidad fue de 31 – 41 ups con diferencias significativas entre meses ($F = 8.8$, $P < 0.05$), pero sin mostrar un patrón anual definido. Las lluvias ocurrieron principalmente en verano en ambos ciclos anuales estudiados (Figura 6).

Macroalgas

Las macroalgas se encontraron formando masas flotantes compuestas principalmente por las especies *Spyridia filamentosa* (Wulfen), *Gracilaria pacifica* (Abbott), *Hypnea johnstonii* (Setchell y Gardner) y *Gracilariopsis lemaneiformis* (Dawson, Acleto y Foldvick). Se hicieron 288 lances y en 226 se recolectaron macroalgas, la biomasa anual obtenida fue de 17 kg - peso seco - ha⁻¹ en el ciclo 1998-1999 y de 19 kg - peso seco - ha⁻¹ en 1999-2000. No se observó un patrón anual definido y la mayor cantidad de biomasa (68 %) se recolectó en el extremo norte de la laguna, en las estaciones 4, 5 y 6 (Figura 8).

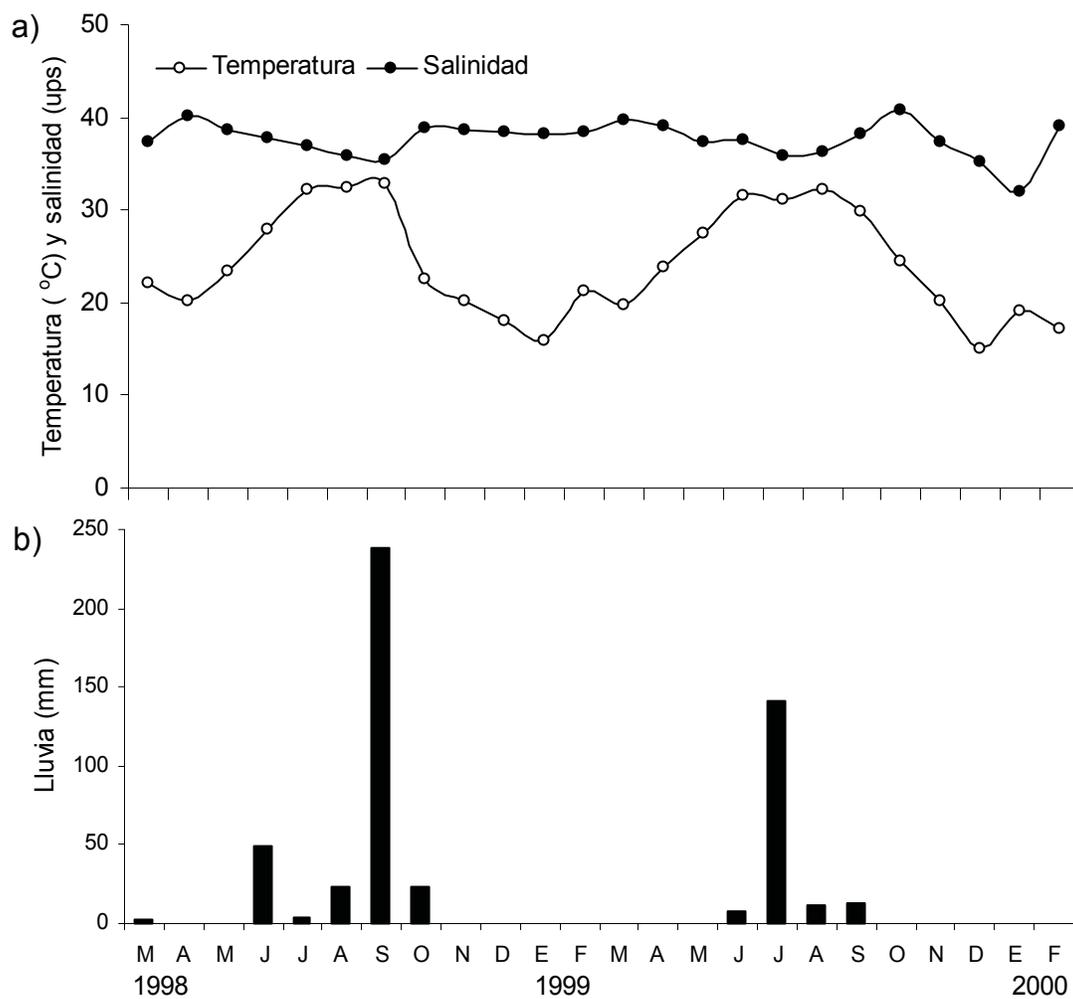


Figura 6. a) Variabilidad de temperatura y salinidad del agua, y b) registro de lluvias en dos ciclos anuales en la laguna Las Guásimas.

Jaibas

Se capturaron 1,235 jaibas, 357 fueron *Callinectes arcuatus* y 878 fueron *C. bellicosus*. Los intervalos en los valores mensuales de biomasa fueron de 0 - 900 g para *C. arcuatus* y de 0 - 2240 g para *C. bellicosus*.

Ambas especies fueron mas abundantes en la noche, *C. arcuatus* (73 %) y *C. bellicosus* (75 %), con diferencias significativas de la abundancia entre el día y la noche (*C. arcuatus* $T = -5.10$, $P < 0.05$ and *C. bellicosus* $T = -6.05$, $P < 0.05$).

En el periodo de estudio, *C. bellicosus* fue más abundante que *C. arcuatus*, pero el patrón anual de la abundancia fue similar en ambas especies, con mayor abundancia durante enero y febrero, y menor abundancia durante octubre y noviembre. La abundancia de *C. arcuatus* tuvo un intervalo de 0 - 38 ind. ha⁻¹ con diferencias significativas ($F = 1.99$, $P < 0.05$). La mayor abundancia de 23 - 38 ind. ha⁻¹ se observó durante enero y febrero 1999 y en febrero 2000. Los periodos de menor abundancia fueron octubre y noviembre 1998 y 1999 (0 - 1 ind. ha⁻¹). El intervalo de abundancia de *C. bellicosus* fue 0.5 - 60 ind. ha⁻¹ con diferencias significativas ($F = 1.57$, $P < 0.05$), con mayor abundancia en enero 1999 y febrero 2000 (55 - 60 ind. ha⁻¹) y menor abundancia durante octubre y noviembre 1998 (0.5 - 1 ind. ha⁻¹) y en noviembre 1999 (2 ind. ha⁻¹) (Figura 7).

C. arcuatus fue más abundante en la estación 6 (53 ind. ha⁻¹) y fue significativamente diferente de las otras estaciones ($F = 3.41$, $P < 0.05$); también *C. bellicosus* fue más abundante en la estación 6 (50 ind. ha⁻¹) (Figura 8), aunque en este caso no hubo diferencias significativas entre ésta y el resto de las estaciones ($F = 1.28$, $P = 0.27$).

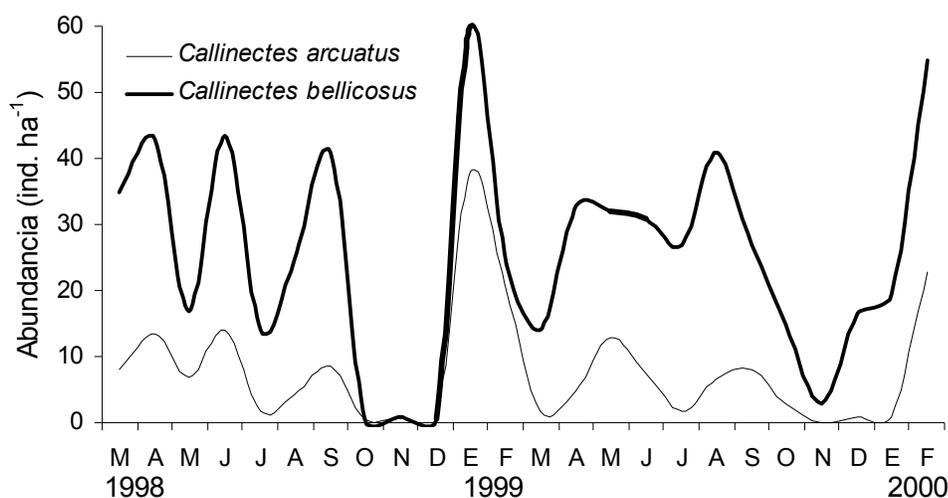


Figura 7. Variabilidad de la abundancia de *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* en la laguna Las Guásimas.

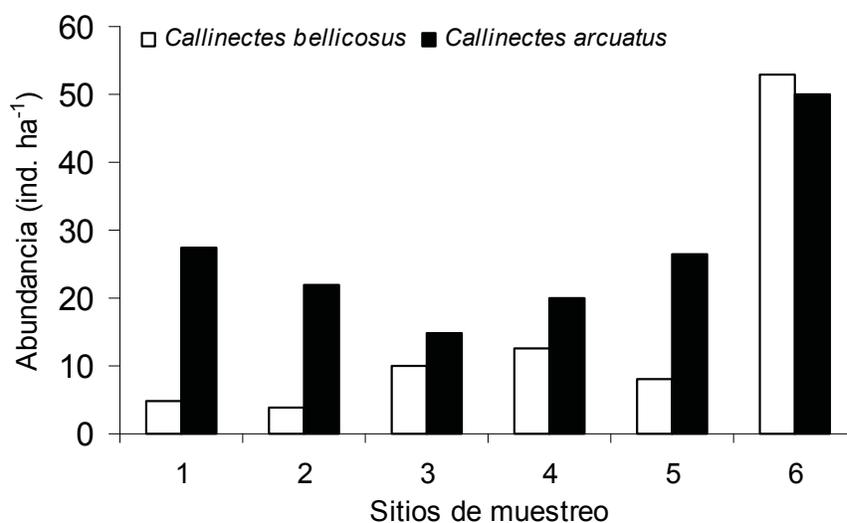


Figura 8. Distribución espacial de *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* en la laguna Las Guásimas.

Los datos de tallas de ambas especies incluyeron individuos juveniles y adultos. El intervalo de tallas de *C. arcuatus* fue 9.1 - 130 mm y de *C. bellicosus* fue 8.4 -166 mm, los juveniles (< 50 mm) de ambas especies se observaron principalmente en invierno.

El 12.1 % de las hembras de *C. arcuatus* fueron ovígeras y ocurrieron durante primavera y verano (abril y agosto 1998 y marzo, abril y mayo 1999) con intervalo de tallas de 54 - 122 mm. El 12.7 % de las hembras de *C. bellicosus* fueron ovígeras y ocurrieron durante primavera y verano (mayo, junio, agosto y septiembre 1998, y marzo, abril, mayo, julio, agosto y septiembre 1999) con intervalo de tallas de 55 - 92 mm.

Camarones

Se recolectaron 764 camarones, 146 fueron *Litopenaeus. stylirostris* y 618 fueron *Farfantepenaeus. californiensis*. La biomasa anual de *L. stylirostris* fue de 87 g ha⁻¹ en el ciclo 1998-1999 y 65 g ha⁻¹ en el ciclo 1999-2000; mientras que para *F. californiensis* fue de 708 g ha⁻¹ en el ciclo 1998-1999 y 365 g ha⁻¹ en el ciclo 1999-2000. No se encontraron diferencias significativas ($F_{(1, 572)} = 1.04, P = 0.309$) entre años, ni entre especies.

L. stylirostris se encontró casi en la misma proporción durante el día y la noche, mientras que *F. californiensis* fue mas abundante durante la noche (Figura 9) con diferencias significativas con respecto al día.

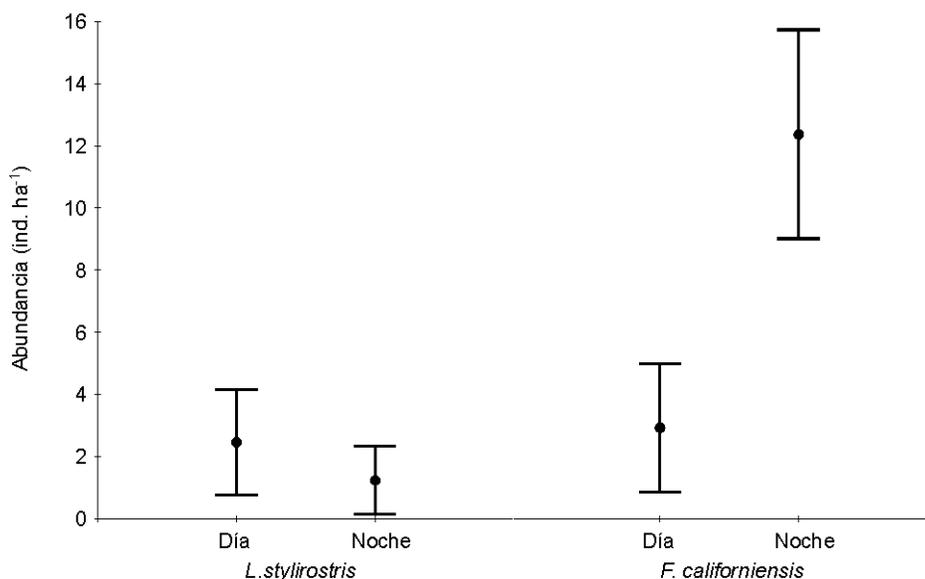


Figura 9. Abundancia diurna y nocturna de *Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis* en la laguna Las Guásimas. Los puntos son el valor promedio y las barras son el intervalo al 95 % de confianza.

No hubo diferencias significativas de la abundancia entre años ($F_{(1, 572)} = 1.46$, $P = 0.2282$) pero si las hubo entre especies ($F_{(1, 574)} = 24.81$, $P < 0.0001$). *L. stylirostris* se observó exclusivamente en verano con valores de abundancia de 1, 7 y 2 ind. ha⁻¹ para julio, agosto y septiembre 1998, y de 7, 4 y 4 ind. ha⁻¹ en julio, agosto y septiembre 1999; mientras que *F. californiensis* se observó en todas las estaciones del año en ambos ciclos anuales estudiados con valores mensuales de abundancia en un intervalo 1 - 15 ind. ha⁻¹, pero sin mostrar un patrón anual definido (Figura 10).

F. californiensis fue mas abundante en la estación 5 (29 ind. ha⁻¹) y fue diferente significativamente con las otras estaciones ($F_{(5, 282)} = 3.22, P < 0.0077$) (Figura 11). *L. stylirostris* fue mas abundante en las estaciones de ambos extremos del interior de la laguna (5 - 7 ind. ha⁻¹) (Figura 11), aunque no se encontraron diferencias significativas entre los sitios ($F_{(5, 282)} = 0.97, P = 0.433$).

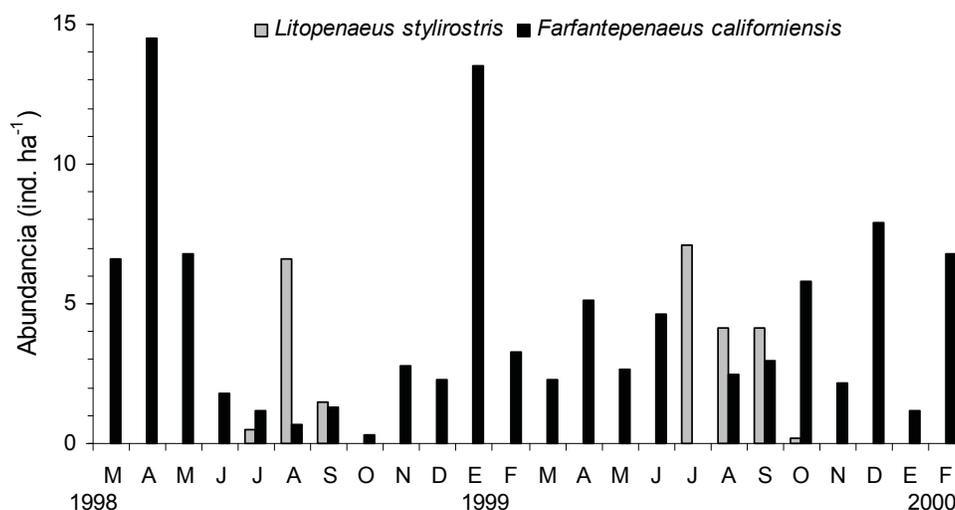


Figura 10. Variabilidad de la abundancia de *Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis* en la laguna Las Guásimas.

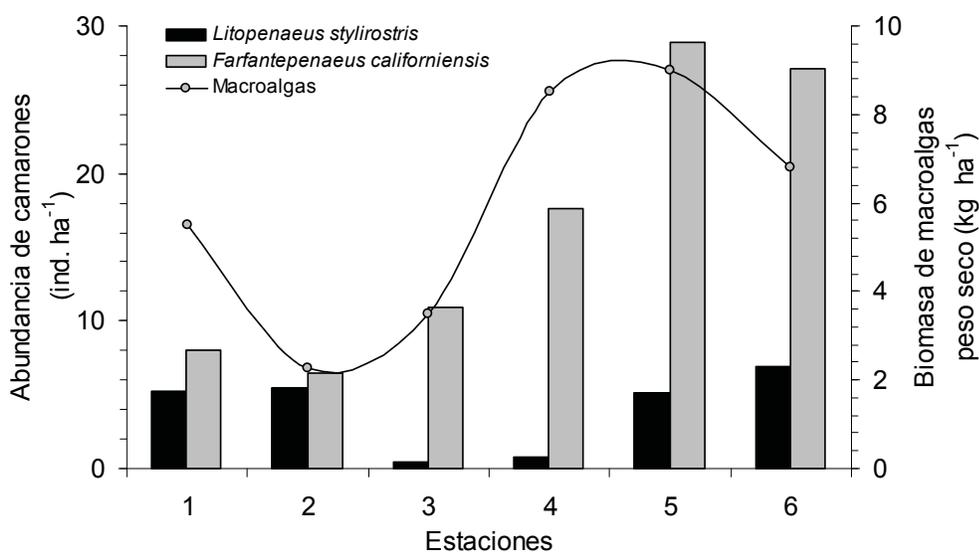


Figura 11. Distribución espacial de la abundancia de *Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis*, y de la biomasa de macroalgas en la laguna Las Guásimas.

IV. DISCUSIÓN

La condición de laguna restringida (circulación inducida por marea y buen intercambio de agua con el océano), la influencia de un clima árido (evaporación ≈ 3000 , precipitación $< 300 \text{ mm año}^{-1}$ y temperatura del aire con oscilaciones > 14 °C), de los vientos que generan surgencias costeras y de las condiciones oceanográficas regionales (provincia golfo inferior: amplitud de marea $< 1 \text{ m}$, temperatura superficial $17 - 26$ °C, salinidad $35 - 36$ ups) modulan patrones particulares en la concentración de nutrientes, biomasa y productividad del fitoplancton, estructura y productividad del manglar, y ecología de jaibas y camarones que en sus primeras fases de su ciclo de vida dependen de los hábitats de la laguna.

1. Variabilidad de parámetros físico-químicos, nutrientes, biomasa de fitoplancton y productividad primaria acuática.

La variabilidad de los parámetros físico-químicos y cómo se explica fue esencial para entender respuestas biológicas y ecológicas en la laguna Las Guásimas. La salinidad fue mayor que la del océano debido a que la tasa de evaporación (2982 mm año^{-1}) es diez veces mayor que la precipitación pluvial (290 mm año^{-1}), y su escasa variación anual (< 10 ups) es el resultado del buen intercambio con el océano y el escaso ingreso de agua dulce por lluvias. La variabilidad de la temperatura del agua con marcada diferencia entre verano (32 °C) e invierno (16 °C) es influenciada por la temperatura del aire que tiene oscilaciones anuales > 14 °C (García, 1988) y por las masas de aguas costeras que cambian estacionalmente

como mostraron los patrones superficiales de temperatura del mar observados desde satélites (Badan-Dangon *et al.*, 1985). Los valores de oxígeno altos (5.3 – 10 mg L⁻¹), indicaron que es un sistema bien mezclado por la influencia de mareas y vientos, y el comportamiento inverso de las variaciones anuales de temperatura y oxígeno disuelto del agua (Figura 2), así como su correlación negativa significativa (- 0.760, $P < 0.01$) son resultado de la influencia de la temperatura en la solubilidad del oxígeno disuelto.

La concentración anual de NO₂ + NO₃ fue menor que la de PO₄ (Figura 3a) y los valores de N : P fueron bajos, con un intervalo anual de 0 – 0.5 y con un valor de 0.3 en el periodo de máxima productividad. Estos valores bajos de N : P coinciden con lo observado en otras lagunas costeras de esta región árida del Golfo de California (Castro-Longoria, y Grijalva-Chon, 1991; Botello-Ruvalcaba y Valdez-Holguín, 1997; Lechuga-Devéze, 1997), indicando que una característica de estas lagunas es que el nitrógeno es el nutriente limitante a través del año. Como referencia, Boynton *et al.* (1982) presentaron información sobre 27 estuarios, 22 de los cuales tuvieron valores menores al índice de Redfield con intervalo de 0.2 – 15 durante el periodo de máxima productividad.

La variación anual de nutrientes tuvo picos en verano e invierno (Figura 3a) influenciados por los aportes terrígenos de las lluvias y por surgencias costeras. Durante verano la influencia de las lluvias fue evidente por las concentraciones de nutrientes más altas en el interior (0.51 – 0.95 μM of NO₂ + NO₃ and 0.94 – 1.74

μM of PO_4) que en la boca de la laguna ($0.09 - 0.59 \mu\text{M}$ of $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ and $0.34 - 0.89 \mu\text{M}$ of PO_4), estos valores de nutrientes corresponden a julio y agosto cuando las muestras de agua fueron obtenidas días después de eventos de lluvias, las cuales se manifiestan como eventos torrenciales en periodos de horas. Durante invierno la influencia de surgencias costeras fue evidente por las altas concentraciones de $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ y PO_4 que ingresaron a la laguna desde el mar adyacente en diciembre (Figura 3a). Las surgencias ocurren en invierno y primavera en distintas zonas a lo largo de la costa este del Golfo de California, el factor causal son los vientos del noroeste que soplan paralelos a la línea de costa y generan un ascenso efectivo a la superficie de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes (Maluf, 1983; Lluch-Cota, 2000). Contribuciones previas en las lagunas costeras áridas de la costa este del Golfo de California no habían informado sobre el ingreso de nutrientes por influencia de surgencias (Nichols, 1966; Santoyo-Reyes, 1974; Gilmartin y Relevante, 1978; Paredes-Romero y López-Torres, 1988; Castro-Longoria y Grijalva-Chon, 1991; Valdés-Holguín y Martínez-Córdova, 1993; Valdés-Holguín, 1994), pero esto sí ha sido observado en otras lagunas costeras adyacentes a zonas de surgencias en la costa Pacífico del Noroeste de México (Alvarez-Borrego *et al.*, 1977; Zertuche y Alvarez-Borrego, 1978).

Con base en lo anterior, se propone la hipótesis de que en la laguna Las Guásimas y otras lagunas áridas de la región este del Golfo de California los eventos de lluvias y los procesos de surgencias son los principales factores que controlan la variación anual de nutrientes.

La biomasa y producción de fitoplancton tuvieron el mismo patrón anual con picos en verano e invierno y esto fue consistente con la correlación significativa observada ($0.664, P < 0.05$). Durante verano, temperatura más alta ($30 - 32\text{ }^{\circ}\text{C}$), concentración de nutrientes alta ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) (figura 3a), y mas horas de luz solar parecen ser los factores que propician el incremento de biomasa y producción de fitoplancton. Durante invierno, su incremento es propiciado por el enriquecimiento de nutrientes que ingresan a la laguna por surgencias costeras, pero parece ser limitado por bajas temperaturas ($16 - 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) y menor periodo de luz solar. Durante otoño y primavera el factor limitante se atribuye a la escasez de nutrientes, principalmente de nitrógeno.

Lo anterior es consistente con la composición del fitoplancton en estas lagunas áridas de la costa este del golfo, donde las diatomeas son el grupo dominante en verano ($30 - 32\text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que los nanoflagelados son el grupo dominante en invierno ($16 - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Hungar-Sierra, 1990). Esto sugiere que en estas lagunas la temperatura del agua es un factor determinante en la sucesión estacional de las poblaciones de fitoplancton y consecuentemente influye en las variaciones anuales de la biomasa y producción del fitoplancton.

El patrón anual de biomasa y producción del fitoplancton observado en la laguna Las Guásimas (restringida, árida subtropical) difiere del observado en muchas lagunas obstruidas tropicales y subtropicales sujetas a marcados cambios estacionales (por ejemplo, secas y lluvias), donde la abertura y cierre de las bocas

de comunicación con el mar derivado de cambios en la magnitud del flujo de ríos es el principal factor que controla los niveles de biomasa, producción y sucesión de fitoplancton (Knoppers, 1994).

2. Estructura y producción de hojarasca del manglar.

La hipersalinidad en suelos de manglar se ha atribuido a altas tasas de evaporación (Shaefer-Novelli y Cintron-Molero, 1993) y la especie mejor adaptada a estas condiciones es *Avicennia germinans* (Pannier y Pannier, 1976). Esto coincide con lo observado en Las Guásimas, donde altas tasas de evaporación (2982 mm año^{-1}) sugieren ambientes con suelos hipersalinos y la especie dominante es *A. germinans*.

En Las Guásimas, la microtopografía, las variaciones estacionales en la elevación del nivel medio del mar, y la amplitud de la marea (0.8 m) son factores específicos que causan que el manglar este sujeto a inundación únicamente por las mareas más altas durante verano, cuando el nivel medio del mar está más alto (0.9 m); estas condiciones, además de la alta tasa de evaporación y escasez de agua dulce proveniente de las lluvias, tienen implicaciones en la estructura del bosque de manglar que comparte características con bosques de los tipos matorral y de franja. En particular, su densidad y área basal fueron más cercanos a los

manglares de franja, y el índice de complejidad y producción de hojarasca similares al tipo matorral (Tabla 3).

La producción de hojarasca de manglares a nivel mundial tiene un intervalo de 2 - 16 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Twilley y Day, 1999); de tal forma que la producción promedio anual de hojarasca del manglar de Guásimas (1.7 tons ha⁻¹ año⁻¹) es menor al mínimo de este intervalo y es similar a los bosques tipo matorral (Tabla 3). Esta escasa producción de hojarasca está asociada a una limitada disponibilidad de agua dulce que es aportada por lluvias principalmente en verano, alta tasa de evaporación y limitada inundación del bosque por mareas que ocurre únicamente durante pleamares en verano.

Tabla 3. Características estructurales y producción de hojarasca para diferentes tipos de bosque de manglar comparados con el manglar de Las Guásimas.

Parámetro	Riverino	Cuenca	Franja	Matorral	Las Guásimas
¹ Altura promedio (m)	17.7	9.0	8.2	1.0	2.7
¹ Densidad (No. ha ⁻¹)	1760	3580	5930	25302	4,700
¹ Área basal (m ² ha ⁻¹)	41.3	18.5	17.9	0.6	13.5
¹ No. especies en 0.1 ha	3	2	2	1	1
² Índice de complejidad	36.4	15.4	14.6	1.5	1.7
³ Producción de hojarasca (g m ⁻² año ⁻¹)	1770	730	906	120	175

¹)
¹Pool *et al.* (1977) y Brown y Lugo (1982); ²(Altura x área basal x densidad x No. de especies en 0.1 ha x 10⁻⁵); ³ Brown y Lugo (1982) y Twilley *et al.* (1986).

En Las Guásimas, *Avicennia germinans* aporta la mayor producción de hojarasca (53 %) durante el verano, cuando el manglar es más influenciado por las escorrentías de lluvias y por la inundación por mareas que favorecen que la totalidad de la hojarasca ingrese a la laguna. La mínima contribución se observa en invierno cuando casi se ha aportado la totalidad de la hojarasca. El 86 % de la variabilidad anual de producción de hojarasca fue explicado por las lluvias, nivel medio del mar y razón lluvias / evaporación.

Se observó que la producción de hojarasca se incrementó en el ciclo anual más lluvioso, pero este incremento fue debido a que se registraron mayor cantidad de ramas, flores y frutos (Tabla 2). Cabe señalar que en esta región ocurren lluvias en verano e invierno, con mayor cantidad en verano (García, 1988). Sin embargo desde 1996, las lluvias de invierno han sido escasas o no se han manifestado (como se observó en nuestro periodo de estudio) y la predicción es que este patrón prevalezca durante la presente década (Brito-Castillo *et al.*, 2002).

La producción de hojarasca de manglares puede ocurrir a través del año con poca (Shunula y Whittick, 1999) o marcada (Day *et al.*, 1996; Wafar *et al.*, 1997) variación estacional, dependiendo de las fuerzas de función y su intensidad en cada región. En Las Guásimas (región árida) y en regiones húmedas y subhúmedas a lo largo de la costa Pacífico de México (Flores-Verdugo *et al.*, 1987,

1992) se observó un patrón anual unimodal, pero en nuestro sitio el periodo de máxima producción de hojarasca ocurrió durante el periodo de mayor precipitación (julio – septiembre), mientras que en regiones sub-húmedas y húmedas esto ocurrió durante el periodo de secas (mayo – junio).

3. Ecología de jaibas.

En las Guásimas, la dominancia de *Callinectes bellicosus* sobre *C. arcuatus* (2.4 : 1) puede ser explicada por la salinidad del agua considerando que *C. bellicosus* es una especie estenohalina con óptimo desarrollo en salinidades de 30 – 38 ups (Paul, 1982) que es similar a lo observado en esta laguna; mientras que *C. arcuatus* es una especie eurihalina (1 – 65 ups) con mejor desarrollo en lagunas costeras con intervalos amplios de salinidad, preferentemente en aquellas cuyos valores son menores a 30 ups (Paul, 1982).

La mayor cantidad de jaibas capturadas en la noche (75%) coincide con informes previos sobre sus hábitos nocturnos (Williams, 1974), y muestra la importancia de diseñar muestreos tanto de día como de noche.

En ambas especies, la temporada reproductiva (definida por la mayor cantidad de hembras ovígeras), fue durante primavera y verano (marzo - septiembre), cuando

la temperatura del agua es mayor a 21 °C (Figura 2). El reclutamiento de juveniles fue mayor en invierno, principalmente en enero y febrero, indicando que el pico de reproducción ocurre en el verano, debido a que una jaiba tarda aproximadamente seis meses para incorporarse a la fase bentónica (Tagatz, 1968; Sánchez-Ortíz y Gómez-Gutiérrez, 1992).

En Las Guásimas, la homogeneidad espacial y temporal de la salinidad (37.6 ± 1.9 ups) en la laguna, no limita la distribución de las especies en el cuerpo de agua, debido a que *C. bellicosus* y *C. arcuatus* normalmente habitan en sistemas con salinidades de 30 – 38 ups y 1 – 65 ups, respectivamente (Paul, 1982), pero el intervalo en Las Guásimas favorece a *C. bellicosus* porque *C. arcuatus* prefiere lagunas con salinidades mas bajas. Sin embargo en otras lagunas costeras, la distribución de las jaibas está en función del gradiente de salinidad, como se observo para *C. arcuatus* en el sur de Sinaloa (Paul, 1982) y Delta del Río Colorado (Villarreal-Chávez, 1992), así como para otras especies de *Callinectes* (Negreiros-Franzoso y Franzoso, 1995; Calderón, 1996; Norse y Estévez, 1997).

La ocurrencia de jaibas en sitios con macroalgas coincide con los resultados de otros estudios (Orth y van Montfrans, 1987; Denton, 1999) y sugiere que las macroalgas en Las Guásimas sirven como hábitat de crianza para las jaibas,

proporcionando sustrato y sustento, una función que desempeñan los pastos marinos en otras localidades (Orth *et al.*, 1996).

En la laguna Las Guásimas, la mayoría de las hembras ovígeras de ambas especies se encontraron en las inmediaciones de la boca de la laguna. Este comportamiento coincide con lo observado en otros estudios y se atribuye a la tendencia de las hembras a salir de las lagunas para desovar en el mar donde encontrarán condiciones más estables para la eclosión de sus huevos y desarrollo de sus larvas (Tagatz, 1968; Sánchez-Ortíz y Gómez-Gutiérrez, 1992; Negreiros-Fransozo y Fransozo, 1995; Tankersley *et al.*, 1998). Los juveniles se observaron en las partes más internas de la laguna, y esta segregación espacial por tallas de acuerdo con Ryer *et al.* (1997), tiene ventajas porque evita la competencia entre juveniles y adultos por espacio y alimento.

Con base en la información generada se propone un modelo conceptual de la ecología de *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* aplicable a lagunas costeras ubicadas en la costa este del Golfo of California (Figura 12), considerando que comparten condiciones de clima árido y son lagunas restringidas (ver Kjerfve, 1986).

Este modelo (Figura 12), muestra que la temporada reproductiva es durante primavera y verano con ocurrencia de hembras ovígeras en las bocas de las

lagunas, y machos, hembras no ovígeras y juveniles se encuentran en el interior de las lagunas. En otoño se encuentra la menor abundancia de jaibas, y únicamente machos adultos ocurren en las bocas. En invierno ocurre el principal reclutamiento de juveniles, los cuales se concentran en las zonas mas internas de las lagunas.

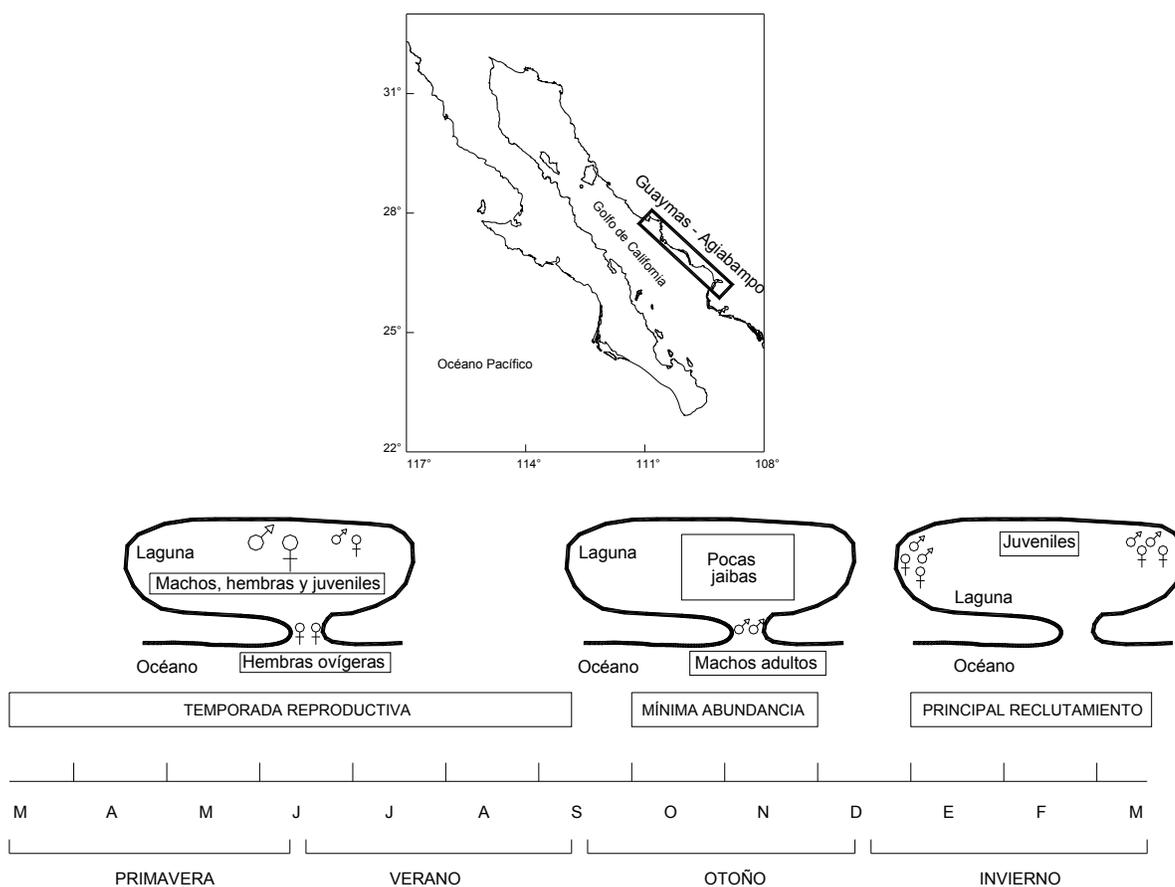


Figura 12. Modelo conceptual de la ecología de las jaibas *Callinectes arcuatus* y *C. bellicosus* en lagunas costeras de la región árida y semiárida subtropical en el Golfo de California.

4. Ecología de camarones.

Las condiciones de salinidad de la laguna favorece la co-ocurrencia de *Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis*, aunque estas especies presentaron patrones diferentes en espacio y tiempo.

Ambas especies tuvieron patrones distintos de actividad diurna y nocturna. La actividad diurna-nocturna de *L. stylirostris* y principalmente nocturna de *F. californiensis* (Figura 9) también había sido observada por Edwards (1978) y Menz y Bowers (1980), y esto destaca la importancia de diseñar estrategias de muestreo que incluyan capturas de día y de noche.

Ha sido observado que especies simpátricas de peneidos tienen diferente requerimiento de hábitat para crianza y que la preferencia por un sustrato particular y tipo de vegetación parecen determinar donde se establecerán las postlarvas y donde se desarrollarán los juveniles (Staples *et al.*, 1985; Haywood *et al.*, 1995; Primavera, 1998). En Las Guásimas se observó que *L. stylirostris* penetra hacia las zonas más internas de la laguna donde el sustrato es limo-arcilloso (Villalba-Atondo, 1989; Chávez-López, 2001), mientras que *F. californiensis* se encontró asociado a macroalgas como mostró su distribución espacial, sugiriendo que constituyen su hábitat de crianza (Figura 11).

Los distintos patrones de actividad diurna-nocturna y diferente preferencia por hábitat para crianza, sugieren que la competencia interespecifica entre *F. californiensis* y *L. stylirostris* es mínima o no ocurre.

L. stylirostris ocurrió únicamente en verano, cuando la temperatura del agua fue la más alta del año (27 ° – 32 ° C) y se registró la mayor cantidad de lluvia (130 – 315 mm). *F. californiensis* ocurrió en todas las estaciones del año, pero sin mostrar un patrón estacional definido. Estos resultados coinciden con los de Loesch (1980) y Grijalva-Chon y Barraza-Guardado (1992), en otras lagunas costeras restringidas de esta región árida del golfo. Este comportamiento es reflejo de la estrategia reproductiva de las especies, debido a que las primera desova durante primavera y verano y la última todo el año (Barreiro-Güemez, 1986; Del Valle y Martín, 1995).

Dall *et al.* (1990) propuso 4 tipos de ciclos de vida para camarones peneidos basados en las zonas de desove de los adultos y hábitats de postlarvas y juveniles. En el tipo 2, los adultos desovan en la costa, mientras que los juveniles prefieren lagunas costeras y estuarios para su crianza; en el tipo 3, los adultos desovan en la costa y los juveniles tienen preferencia por pastos marinos y macroalgas para su crianza en área costeras protegidas con relativamente alta salinidad. Específicamente, *L. stylirostris* se ajusta al ciclo de vida tipo 2 y *F. californiensis* al tipo 3, considerando que los adultos de estas especies desovan en la costa

(Rodríguez de la Cruz, 1976; Edwards, 1978) y nuestros resultados mostraron que los juveniles de *L. stylirostris* tuvieron preferencia por sustrato limoso y los de *F. californiensis* por macroalgas, y ambos hábitats son encontrados en el interior de la laguna Las Guásimas.

Se sugiere un modelo conceptual (Figura 13) de la ocurrencia diurna y estacional y preferencia de habitat de juveniles de *L. stylirostris* y *F. californiensis* en lagunas áridas y semi-áridas de la costa este del Golfo de California. En resumen, las postlarvas de ambas especies migran a las lagunas para su crianza, donde los juveniles de *L. stylirostris* son encontrados exclusivamente en el verano en fondos con sedimentos limosos en las zonas internas de las lagunas y presentan actividad diurna y nocturna; mientras que los juveniles de *F. californiensis* son encontrados todo el año asociados con macroalgas y muestran actividad predominantemente nocturna. Una vez que maduran, los juveniles de ambas especies emigran de las lagunas a mar abierto.

Este modelo conceptual (Figura 13) es aplicable a lagunas de la costa este del Golfo de California (24° – 29° N), considerando la co-ocurrencia de estas especies en las lagunas costeras El Soldado (Loesch, 1980), La Cruz (Grijalva-Chon y Barraza-Guardado, 1992) y Las Guásimas, y que son representativas de lagunas aridas y semi-aridas de la costa este del golfo, caracterizadas por su comunicación

permanente con el mar, escasa lluvia ($< 300 \text{ mm yr}^{-1}$), variaciones anuales amplia de temperatura ($16 - 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$) y estrecha de salinidad ($\approx 30 - 40 \text{ ups}$).

Las lagunas costeras al sur del golfo (sur del Trópico de Cáncer - 23.5° -) se caracterizan por estar conectadas al mar mediante canales estrechos que se cierran por las barras de arena en invierno y primavera, tener influencia de ríos y de un clima húmedo; adicionalmente, son hiposalinas ($< 10 \text{ psu}$), después del periodo de lluvias, y hipersalinas ($> 50 \text{ ups}$) durante invierno y primavera (Paul, 1982). En estas lagunas los juveniles de *F. californiensis* son raramente observados y su ocurrencia es considerada de importancia secundaria en comparación con los juveniles de *L. stylirostris* y *L. vannamei*; los cuales son encontrados principalmente en el verano, siendo dominante *L. vannamei* (Chapa-Saldaña y Soto-López, 1969; Edwards y Bowers, 1974; Edwards, 1978; Menz y Bowers, 1980; Barreiro-Güemes, 1986).

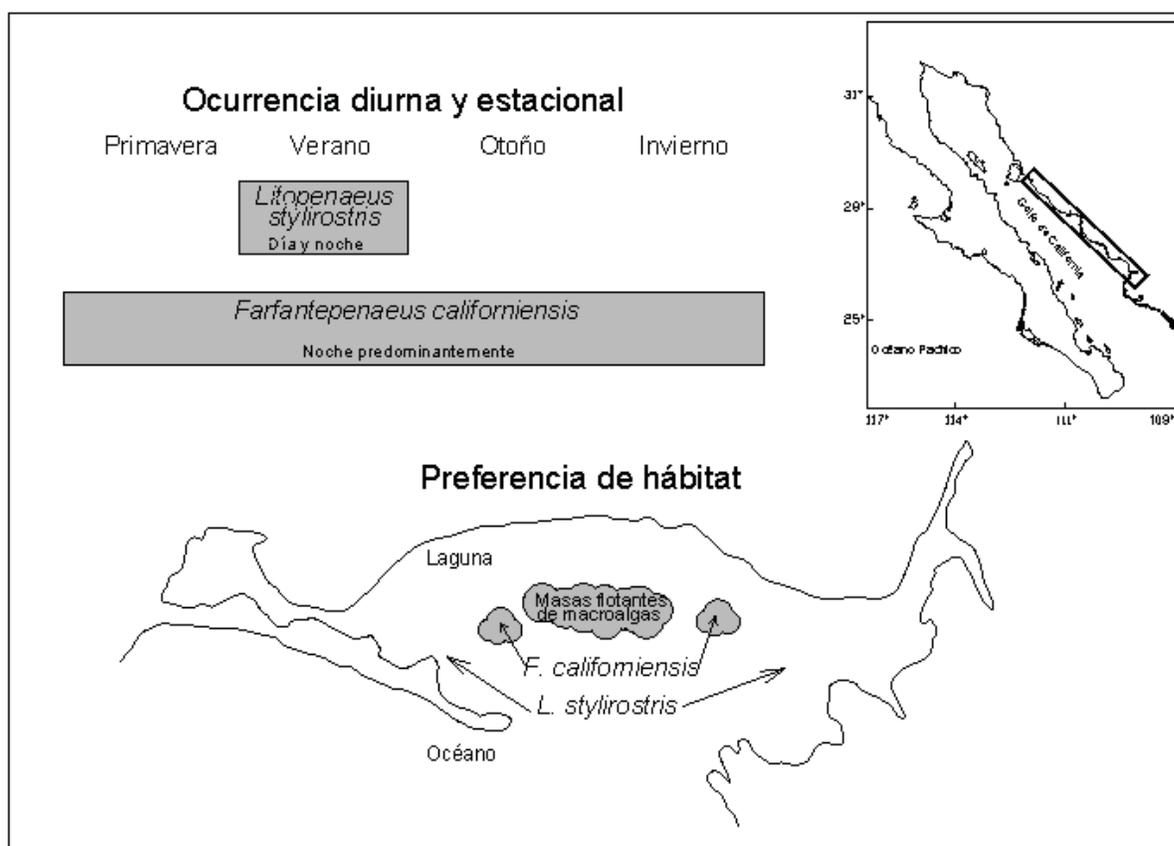


Figura 13. Modelo conceptual de la ocurrencia diurna y estacional, y preferencia de hábitat de los juveniles de *Litopenaeus stylirostris* y *Farfantepenaeus californiensis* en lagunas áridas y semiáridas de la costa este del Golfo de California.

5. Implicaciones de manejo.

En el proceso de manejo costero las actividades están orientadas a propiciar un desarrollo sostenible, donde el papel de la comunidad científica es: (1) generar conocimiento sobre la naturaleza de la zona costera, (2) proporcionar información para establecer políticas y tomar decisiones administrativas en el uso de los recursos costeros, y (3) proporcionar las bases para nuevas tecnologías que optimicen los procesos productivos.

En nuestro país se requiere una mejor comprensión de los procesos ecológicos en ecosistemas costeros y existe una gran necesidad de transferir mejor el conocimiento científico a estrategias de manejo y políticas efectivas para ordenar el aprovechamiento de los recursos costeros, así como para reducir y prevenir los efectos adversos inducidos por las actividades humanas.

Boesch *et al.* (2000), señalan la importancia de proporcionar y trasladar el nuevo conocimiento sintético de estuarios (o lagunas costeras) a un nivel local o regional donde pueda ser utilizado en la formulación de estrategias de manejo.

En este trabajo se mostraron patrones ecológicos observados en Las Guásimas, una laguna costera prístina y representativa de las lagunas costeras de la costa este (24° – 29° N) del Golfo de California.

La condición prístina de la laguna resulta una referencia útil para comparar indicadores de eutrofización y otras respuestas a cambios inducidos por las actividades humanas en diferentes lagunas costeras de esta región receptoras de aguas residuales. Como ejemplo, los valores de nutrientes, clorofila "a" y productividad primaria de Las Guásimas (generados en este estudio), se compararon con los registrados en la Bahía de Guaymas (27° 51' - 58' N y 110° 49' - 51' W), una laguna costera que recibe 176 ton año⁻¹ de nitrógeno y 38 ton año⁻¹ de fósforo por vertimientos de aguas residuales urbanas, y a su vez los valores de estas variables en ambas lagunas fueron comparados con diferentes escalas del estado trófico: nutrientes (Ignatiades *et al.*, 1992), clorofila "a" (Wetzel, 1983) y productividad primaria acuática (Nixon, 1995). Con base en lo anterior se obtuvo una aproximación del problema, que junto con otros elementos técnicos constituyeron las bases para establecer una Declaratoria de Clasificación de la Bahía de Guaymas dirigida a minimizar las cargas de nitrógeno, fósforo y otros elementos contaminantes a este cuerpo de agua (ver Arreola-Lizárraga *et al.*, en prensa).

Por otro lado, el Instituto Nacional de la Pesca ha iniciado la preparación de planes de manejo de las principales pesquerías de México, para lo cual se requiere integrar información científica disponible sobre la biología y ecología especies que constituyen recursos pesqueros. Los modelos conceptuales sobre la ecología de jaibas y camarones sugeridos en este estudio pueden ser útiles para esos propósitos.

Finalmente, la comunidad indígena Yaqui tiene adjudicado un territorio mediante decreto presidencial (D.O.F., 1940), que incluye una zona costera conformada por un conjunto de lagunas costeras con una extensión de $\approx 20,000$ ha de espejo de agua (Las Guásimas, Algodones y Lobos, las más importantes). Esta comunidad realiza el usufructo exclusivo de sus recursos costeros, de tal forma que la información proporcionada en este estudio puede ser aplicada en una estrategia de manejo de su zona costera.

V. CONCLUSIONES

En la laguna costera Las Guásimas, los patrones ecológicos observados fueron:

1. Las lluvias, que ocurren mayormente en verano, y los vientos del noroeste en invierno-primavera que generan surgencias costeras, son claves en el patrón anual de nutrientes manifestado con picos en verano e invierno, el cual se refleja en el mismo patrón de la biomasa y productividad del fitoplancton.

2. La microtopografía, elevación del nivel del mar y amplitud de la marea determinan que el manglar dominado por *Avicennia germinans* este sujeto a inundación únicamente en verano, y aunado a la influencia del clima árido (evaporación ≈ 3000 , precipitación $< 300 \text{ mm año}^{-1}$), influyen en su escaso desarrollo estructural y producción de hojarasca, esta última con un patrón anual unimodal con máximos en verano, explicado por lluvias, elevación del nivel medio del mar y razón lluvias / evaporación.

3. La salinidad de la laguna ligeramente mayor a la del océano y con un intervalo anual de variación estrecho (< 10 ups) favorece la ocurrencia y dominancia de especies estenohalinas (*Callinectes bellicosus* y *Farfantepenaeus californiensis*) sobre especies eurihalinas pero con afinidad por salinidades menores (*C. arcuatus* y *Litopenaeus stylirostris*), y la temperatura del agua con marcada variación anual

($\approx 16^{\circ} \text{C}$) es un factor esencial en la temporada reproductiva de las jaibas durante primavera y verano ($> 21^{\circ} \text{C}$) y ocurrencia estacional del camarón azul *L. stylirostris* exclusivamente en verano ($27 - 32^{\circ} \text{C}$).

4. Los modelos conceptuales de la ecología de jaibas (*C. arcuatus* y *C. bellicosus*) y camarones (*F. californiensis* y *L. stylirostris*) en esta laguna restringida de clima árido difieren de los patrones ecológicos de estas mismas especies en lagunas obstruidas y de clima húmedo que caracterizan a la costa del Pacífico mexicano, reflejando la estructura y función particular de las lagunas costeras áridas y semi-áridas subtropicales de la costa este ($24^{\circ} - 29^{\circ} \text{N}$) del Golfo de California.

5. La hipótesis que este estudio sostiene es que Las Guásimas es representativa de un conjunto de lagunas costeras "restringidas" ubicadas en la costa este del Golfo de California ($24^{\circ} - 29^{\circ} \text{N}$), influenciadas por clima árido y semiárido, y por las condiciones oceanográficas de la provincia Golfo Inferior, por lo que los patrones ecológicos observados en este ecosistema prístino constituyen una referencia útil para una estrategia regional de manejo.

VI. LITERATURA CITADA

Alongi, D. M. 1998. Coastal Ecosystem Processes. CRC Press, Boca raton, Florida, USA, 419 pp.

Alvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. En: B.H. Ketchum (ed.). Estuaries and Enclosed Seas. Ecosystem of the World No. 26., Elsevier, Amsterdam, pp. 427-449.

Alvarez-Borrego, S., M. J. Acosta-Ruiz y J. R. Lara-Lara. 1977. Hidrología comparativa de las bocas de dos antiestuarios de Baja California. Ciencias Marinas, 2 (2): 1 – 9.

Arreola-Lizarraga, J. A, G. Padilla-Arredondo y A. Ortega-Rubio.----- Experiencias de manejo costero en el Pacífico: La Bahía de Guaymas, un caso específico. En: E. Rivera-Arriaga, F. Villalobos-Zapata, F. Rosado-May e I. Azuz-Adeath (eds.). El Manejo Costero en México. UAC-UQROO-CETYS-SEMARNAT, *en prensa*.

Badan-Dangon, A., C.J. Koblinsky y T. Baumgartner.1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. Oceanologica Acta, 8 (1):13-22.

Barreiro-Güemez, M. T. 1986. Estudio sobre la madurez y desove de *Penaeus californiensis* y *Penaeus vannamei* (Crustacea, Decapoda, Penaidae) en la costa sur de Sinaloa. En: Mem. I Inter.. Acad. sobre Inv. en el Mar de Cortés, pp. 1 – 30.

Bianchi T.S., J.R. Pennock y R.R. Twilley. 1999. Biogeochemistry of Gulf of Mexico Estuaries. John Wiley & Sons, New York, 428 pp.

Boesch, D. F., J. Burge, C. F. D´Elia, D. J. Reed y D. Scavia. 2000. Scientific synthesis in estuarine management. En: J. E Hobbie (ed.). Estuarine Science: A

Synthetic Approach to Research and Practice. Island Press, Washington, pp. 507 – 526.

Botello-Ruvalcaba, M. y E. Valdez-Holguín. 1997. Estero la Cruz, Sonora. En: S.V. Smith, S. Ibarra-Obando, P.R. Boudreau y V.F. Camacho-Ibar. Comparison of carbon, nitrogen and phosphorus fluxes in mexican coastal lagoons, LOICZ reports and studies No. 10, ii + 84 pp. LOICZ, texel, the Netherlands, pp. 21-24.

Boynton, W. R., Kemp, W. M. y Keefe C. W. - 1982. A comparative analysis of nutrient and others factors influencing estuarine phytoplankton production. En: V. S. Kennedy (ed.) Estuarine Comparisons, New York, Academic Press, pp. 93 –109.

Brito-Castillo, L., Leyva-Contreras, A., Douglas A. V. y Lluch-Belda D. 2002. Pacific Decadal Oscillation and the filled capacity of dams on the rivers of the Gulf of California continental watershed. *Atmósfera*, 15: 121-138.

Brown, S. y A.E Lugo. 1982. A comparasions of structural and functional characteristics of saltwater and freshwater forested wetlands. En: B. Gopal, R. Turner, R. Wetzel, y D. Whigham (eds.), *Wetlands Ecology and Management*, Proceedings of the First International Wetlands Conference. National Institute of Ecology and International Scientific Publications, Sept. 1980, New Delhi, India, pp. 109-130.

Calderón, V. J. 1996. Crecimiento de la jaiba azul *Callinectes sapidus* y de la jaiba prieta *C. rathbunae* en la laguna de Sontecomapan, Veracruz. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 66 p.

Castro-Longoria, R. y J. M. Grijalva-Chon. 1991. Variabilidad espacio-temporal de nutrientes y seston en la laguna costera La Cruz, Sonora. *Ciencias Marinas*, 17 (2): 83-97.

Cintron, G., A.E. Lugo, D.J. Pool y G. Morris. 1978. Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotropica*, 10: 110-121.

Colombo, G. 1977. Lagoons. En: Barnes, S.K (ed.). *The Coastline*, Wiley Interscience, New York, pp. 63-81.

Conover, W. J. 1971. *Practical Nonparametric Statistics*. Jhon Wiley and Sons, New York.

Chapa-Saldaña, H. Y R. Soto-López. 1969. Relación de algunos factores ecológicos con la producción camaronera de las lagunas litorales del sur de Sinaloa. En: A. Ayala-Castañares and F. B. Phleger (ed.), *Coastal Lagoons A Symposium*, UNAM-UNESCO, November, 28 – 30, México, D.F., pp. 653-662.

Chávez-López, S. 2001. *Morfología y dinámica litoral de la región lagunar de Guásimas, Sonora, México (encaminado a la gestión integral del sistema lagunar como factor productivo en la acuicultura)*. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España, 315 p.

Dall, W., B. J. Hill, P. C. Rothlisberg, y D. J. Staples. 1990. The biology of the Penaeidae. En: J. H. S. Blaxter y A. J. Southward (eds.), *Advances in Marine Biology*, Vol. 27, Academic Press, London, pp. 1- 489.

Day, J.W. y A Yañez-Arancibia. 1982. Coastal lagoon and estuaries: Ecosystem approach. *Ciencia Interamericana. Ciencias del Mar OEA*, Washington, D.C., 22 (1-2):11-26.

Day Jr., J.W., C. Coronado-Molina, F.R. Vera-Herrera, R. Twilley, V.H. Rivera.Monroy, H Alvarez-Guillen, R. Day, y W. Conner. 1996. A 7 year record of

above-ground net primary production in a southeastern Mexican mangrove forest. *Aquat. Bot.* 55, 39-60.

Day, J.W., Ch.A.S. Hall, W.M. Kemp y A. Yañez-Arancibia. 1989. *Estuarine Ecology*. John Wiley & Sons, New York, 558 pp.

Del Valle, I. y P. Martin. 1995. Interannual variation in the catch and mean length of penaeid shrimp in the lagoons and coastal waters of Sinaloa, NW Mexico, and their possible link with environmental factors. *ICES Mar. Sci. Symp.*, 199 : 370-378.

Denton, E. S. 1999. Utilization of submerged aquatic vegetation habitats by fishes and decapods in the Galveston Bay ecosystem, Texas. *Gulf. Res. Rep.* 10: 81 pp.

D.O.F. 1940, *Diario Oficial de la Federación*, 30 de septiembre de 1940.

Edwards, R. R. C. 1978. The fishery and fisheries biology of the penaeid shrimp on the Pacific Coast of Mexico. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16:145-180.

Edwards, R. R. C. y A. B. Bowers, 1974. Shrimp research in Mexican lagoons. *Fishing News International*, 13: 215-258.

Eyre, B. 1998. Transport, Retention and Transformation of Material in Australian Estuaries. *Estuaries*, 21 (4A): 540-551.

Fairbridge, R.W. 1980. The estuary: its definition and geodynamic cycle. En: E. Olausson e I. Cato (eds.). *Chemistry and biogeochemistry of estuaries*. John Wiley & Sons Ltd. New York, pp.243-286.

Flores-Verdugo, F.J., J.W. Day Jr., L.D. Mee y R. Briseño-Dueñas. 1988. Phytoplankton production and seasonal biomass variation of seagrass, *Ruppia marítima* in a tropical lagoon with an ephemeral inlet. *Estuaries*, 11(1):51-56.

Flores-Verdugo, F.J., F. González-Farías, O.M. Ramírez-Flores, F. Amescua-Linares, A. Yáñez-Arancibia, M. Alvarez-Rubio y J.W. Day Jr. 1990. Mangrove ecology, aquatic primary productivity and fish community dynamics in the Teacapan-Agua Brava System (Mexican Pacific). *Estuaries*, 13 (2):219-230.

Escamilla-Montes, M. R. 1998. Aspectos de la biología de jaibas del género *Callinectes* en el estero El Conchalito, Ensenada de La Paz, B.C.S. Tesis de Maestría, CICIMAR – IPN, La Paz, B. C. S., México, 96 pp.

Flores-Verdugo, F.J., J.W. Day Jr. y R. Briseño-Dueñas. 1987. Structure, litter fall, decomposition, and detritus dynamics of mangroves in a Mexican coastal lagoon with an ephemeral inlet. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 35: 83-90.

Flores-Verdugo, F.J., F. González-Farías, D.S. Zamorano y P. Ramírez-García. 1992. Mangrove ecosystem of the Pacific coast of México: Distribution, structure, litterfall, and detritus dynamics. En: Seeliger, U. (ed.). *Coastal Plant Communities of Latin America*. Academic Press Inc., New York, pp. 269-287.

García, E., 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México, México, D.F., 217 pp.

García-Marquéz, F. 1984. *Topografía aplicada*. Editorial Concepto, México, D.F.

Gilmartin, M. y N. Revelante. 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 7:29-47.

González, J. J. 2001. MAR Versión 0.32.
<http://oceanografía.cicese.mx/predmar/index.html>

Grijalva-Chon, J. M. y R. H. Barraza-Guardado. 1992. Distribución y abundancia de las postlarvas y juveniles de los camarones del género *Penaeus* en Bahía Kino y laguna de La Cruz, Sonora, México. *Ciencias Marinas*, 18 (3):153-169.

Haywood, M.D.E., D. J. Vance y N. R. Loneragan. 1995. Seagrass and algal beds as nursery habitats for tiger prawns (*Penaeus semisulcatus* y *P. esculentus*) in a tropical Australian estuary. *Mar. Biol.*, 122: 213-223.

Heald, E.J. 1971. The production of organic detritus in a South Florida estuary. University of Miami, Sea Grant Tech. Bull. 6, 110 p.

Healy, T. R., R. Cole y W. De Lange. 1996. Geomorphology and ecology of New Zealand shallow estuaries and shorelines. En: K. F. Nordstrom y C. T. Roman (eds.). *Estuarine Shores: Evolution, Environments and Human Alterations*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 115-153.

Hendrickx, M. E. 1995. Cangrejos. En: W. Fisher, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem (eds.). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. I Plantas e invertebrados*. FAO, Roma, Italy, pp. 565 - 636.

Hobbie, J. E. (ed.). 2000. *Estuarine Science: A Synthetic Approach to Research and Practice*. Island Press, Washington, 539 pp.

Holdridge, L., R. Grenke, W.C. Hathaway, W.H. Liang y T. Tosi. 1971. *Forest Environments in Tropical Life Zone: a pilot study*. Pergamon Press, New York, USA.

Hungar-Sierra, D.G. 1990. Variación temporal del fitoplancton en Bahía de Lobos, Sonora (agosto 1985 – mayo 1986). Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C., México, 62 p.

Ignatiades, L., M. Karydis y P. Vounatsou. 1992. A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scales. *Marine Pollution Bulletin*, 24: 238 – 243.

Kennish, M. J. 2000. Estuary restoration and maintenance. The National Estuary Program. CRC Press, Boca Raton, Florida, 359 pp.

Kirk R. M. y G. A. Lauder. 2000. Significant coastal lagoon systems in the South Island, New Zealand. Coastal process and lagoon mouth closure. *Science for Conservation* No. 146, New Zealand, 47 pp.

Kjerfve, B. 1986. Comparative oceanography of coastal lagoons. En: D.A. Wolfe (ed.), *Estuarine Variability*, Academic Press Inc., New York, pp. 63-81..

Kjerfve, B. 1994. Coastal Lagoons. En: B. Kjerfve (ed.). *Coastal Lagoons Processes*. Elsevier Science Publ., *Oceanography Series* 60, Amsterdam, pp 1-8.

Kjerfve, B. y K.E. Magill 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology*, 88 : 187-199.

Knoppers, B. 1994. Aquatic Primary Production in Coastal Lagoons. En: B. Kjerfve (ed.). *Coastal Lagoon Process*. Elsevier Science Publ., *Oceanography Series* 60, Amsterdam, pp. 243-286.

Krumbein, W., P. Lasserre y S. W. Nixon. 1981. Biological processes and ecology. En: *Coastal Lagoon research, present and future. Report and guidelines of a seminar*, Duke University Marine laboratory, Beaufort, NC, USA, August 1978. UNESCO Technical Papers in Marine Science No. 32, pp. 53-97.

Lankford, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. En : M. Wiley (ed.). Estuarine Processes. Academic Press Inc, New York, pp. 182-215.

Lechuga-Devéze, C. H. 1997. Ensenada de La Paz, B.C.SEn: S.V. Smith, S. Ibarra-Obando, P.R. Boudreau y V.F. Camacho-Ibar. Comparison of carbon, nitrogen and phosphorus fluxes in mexican coastal lagoons, LOICZ reports and studies No. 10, ii + 84 pp. LOICZ, texel, the Netherlands, pp. 29-32.

Loesch, H. 1980. Some ecological observations on slow-swimming nekton with emphasis on penaid shrimp in a small mexican west coast estuary. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, 7 (1): 15-26.

Lluch-Cota, S. 2000. Coastal upwelling in the eastern Gulf of California. Oceanologica Acta, 23 (6): 731-740.

Maluf, L. Y. 1983. The physical oceanography. En: T. J. Case and M .L. Cody (eds.). Island Biogeography in the Sea of Cortez. University of California Press, pp. 26 – 45.

Menz, A. y B. Bowers. 1980. Bionomics of *Penaeus vannamei* Boone and *Penaeus stylirostris* (Stimpson) in a Lagoon on the Mexican Pacific Coast. Estuarine and Coastal Marine Science 10: 685-697.

Negreiros-Fransozo, M. L. y A. Fransozo. 1995. On the distribution of *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 and *Callinectes danae* Smith, 1869 (Brachuyra, Portunidae) in the Fortaleza bay, Ubatuba, Brazil. IHERINGA - Ser. Zool., 79: 13-25.

Nelson-Smith, E. 1977. Estuaries. En: S. K. Barnes (ed.). The Coastline. Wiley Interscience, New York, pp. 123-146.

Nichols, M. M. 1966. A study of production and phosphate in a Sonoran lagoon. Publications of the Institute of Marine Science, Univ. Texas, II, pp. 159-167.

Nichols, M. y G. Allen. 1981. Sedimentary processes in coastal lagoons. En: Proc. UNESCO/IABO Seminar: Coastal lagoon research, present and future. UNESCO Technical Papers in Marine Science No. 33, pp. 27-80.

Nixon, S. W. 1982. Nutrients dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. *Oceanologica Acta*, Spec. Ed.: 357-371.

Nixon, S. W. 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41:199-190.

Norse, E. A. y M. Estevez. 1997. Studies in portunid crabs from the Eastern Pacific. 1. Zonation along environmental stress gradients from the coast of Colombia. *Mar. Biol.* 40: 365 – 581.

Orth R. J. y van Montfrans. 1987. Utilization of a seagrass meadow and a tidal marsh creek by blue crabs *Callinectes sapidus*. I. Seasonal and annual variations in abundance with emphasis on post- settlement juveniles. *Mar. Ecol.* 41 : 283-294.

Orth, R. J., J. van Montfrans, R. N. Lipcius y K. S. Meltca. 1996. Utilization of seagrass habitat by the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun in Chesapeake bay: a review. En: J. Kuo, R. C. Phillips, D. I. Walker y H. Kirkman (eds.). *Sea Grass Biology Proceedings of an International Workshop*. Rottneest Island, Western Australia, pp. 231-224.

Painner, F., Painner, R.F., 1976. Manglares: un enfoque fisiológico. *Biología*, 1: 51-57.

Paredes-Romero, I.G. y López-Torres, M.A - 1988. Comportamiento de parámetros hidrográficos y de productividad orgánica primaria en un sistema lagunar del estado de Sonora. Tesis de licenciatura, Dpto. de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, 165 p.

Parson, T. R., Y. Maitia y C. M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamonn Press, Oxford.

Paul, R. K. 1977. Bionomics of crabs of the genus *Callinectes* (Portunidae) in a lagoon complex on the Mexican Pacific coast. Ph. D. Thesis, University of Liverpool, England, 136 pp.

Paul, R. K. 1981. Natural diet feeding and predatory activity of the crabs *Callinectes arcuatus* and *C. toxotes* (Decapoda: Brachyura : Portunidae). Mar. Ecol., 6: 71-99.

Paul, R. K. 1982. Observations on the ecology and distribution of swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Brachyura: Portunidae) in the Gulf of California, México. Crustaceana, 42(1): 96-100.

Pennock, J. R., J. N. Boyer, J. A. Herrera-Silveira, R. L. Iverson, T. E. Whittedge, B. Mortavazi y F. A. Comin. 1999. Nutrient behavior and phytoplankton production in Gulf of Mexico estuaries. En: T. S. Bianchi, J. R. Pennock y R. Twilley (eds.). Biogeochemistry of Gulf of Mexico Estuaries. John Wiley & Sons, pp. 109 – 162.

Perillo, M.E.G., M.C. Piccolo y M. Pino-Quivira. 1999. Estuaries of South America. Their Geomorphology and Dynamics. Springer, Berlin, Germany, 223 pp.

Phleger, F.B. 1981. A review of some general features of coastal lagoons. En: Proc. UNESCO/IABO Seminar: Coastal lagoon research, present and future. UNESCO Technical Papers in Marine Science No. 33, pp. 7-14.

Pool, D.J., Snedaker, S.C., Lugo, A.E., 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico and Costa Rica. *Biotropica* 9, 195-212.

Primavera, J. H. 1998. Mangroves as nurseries: Shrimp populations in mangrove and non-mangrove habitats. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 46: 457 – 464.

Pritchard, D.W. 1967. Observation on circulation on coastal plain estuaries, En: Lauff, G.H. (ed.). *Estuaries*, Am. As. Soc. Adv. Sci., Specc. Publ., pp. 37-44.

Randall, J. and J.W. Day Jr. 1987. Effects of river discharge and vertical circulation on aquatic primary production in a turbid Louisiana (USA) estuary. *Netherlands Journal of Sea Research* 21:231-242.

Rasmussen, B. y Josefson, A.B. 2002 Consistent estimates for the residence time of micro-tidal estuaries. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 54, 65-73.

Rathbun, M. J. 1930. The Cancroid crabs of America of the families Euryalidae, Portunidae, Atelecyclidae, Cancridae and Xanthidae. *Bull. U.S. Nat. Mus.*, 152: 1-609.

Roden, G. I. y I. Emilsson. 1980. Oceanografía física del Golfo de California. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, contribución No. 90, 67 pp.

Rodríguez de la Cruz, M. C. 1976. Sinopsis biológica de las especies del género *Penaeus* del Pacífico Mexicano. *Mem. Simp. Biol. y Din. Pobl. Cam.*, Guaymas, Son. I: 282 – 316.

Roy, P.S., R. J. Williams, A. R. Jones, I. Yassini, P.J. Gibbs, B. Coates, R. J. West, P. R. Scanes, J. P. Hudson y S. Nichol. 2001. Structure and Function of South-east Australian Estuaries. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 53: 351-384.

Ryer, C., J. van Montfrans y K. E. Moody. 1997. Cannibalism refugia and the molting blue crab. *Mar. Ecol.* 47 (1-3): 77 – 85.

Salazar-Torres, J. 1980. Contribución al conocimiento de la biología y algunos aspectos pesqueros de dos especies de jaibas *Callinectes arcuatus* Ordway (1863) y *Callinectes toxotes* Ordway (1863) de la laguna de Caimanero, Sinaloa, México. Tesis de licenciatura, CICIMAR- IPN, La Paz, B. C. S., México, 89 pp.

Sánchez-Ortíz, C. A. y J. Gómez-Gutiérrez. 1992. Distribución y abundancia de los estadios planctónicos de la jaiba *Callinectes bellicosus* (Decapoda: Portunidae), en el complejo lagunar Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Rev. Inv. Cient. UABCS*, 3 (1): 47-60.

Sanders, J. T., R. C. Ward, J. C. Loftis, T. D. Steele, D.D. Adrian y V. Yevjevich. 1987. *Designs of Networks for Monitoring Water Quality*. Water Resources Publications, Littleton, Colorado.

Sandoval-Rojo, L.C., F.J. Flores-Verdugo, A.U. Zaragoza, J.W. Day Jr. y A.E. Mercado. 1988. Phytoplankton productivity in the Barra Navidad coastal lagoon on the Pacific coast of México. *Revista Hydrobiological Tropical*, 21 (2):101-108.

Seelinger U. y B. Kjerfve (eds.) 2001. *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 360 pp.

Shaefer-Novelli, Y. y Cintron-Molero, G., 1993. Mangroves of arid environments of Latin America. En: H. Lieth y A. Masson (eds.). Toward the rational use of high salinity tolerant plants. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 181-186.

Shunula, J. P. y A. Whittick. 1999. Aspects of litter production in mangroves from Unguja Isalan, Zanzibar, Tanzania. *Est. Coast. and Shelf Sci.*, 49: 51-54.

Staples, D. J., D. J. Vance y D. S. Heales. 1985. Habitat requirements of juvenile penaeid prawns and their relationship to offshore fisheries. En: P. C. Rothlisberg, B. J. Hill y D. J. Staples (eds.), *Second Australian National Prawn Seminar*, Cleveland, Australia, pp. 47 – 54.

Strikland, J.D.H. y T.R. Parson. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Second Edition. Fish. Res. Board Canada Bulletin, Ottawa, Canada.

Tagatz, M. E. 1968. Growth of juvenile blue crabs *Callinectes sapidus* Rathbun in the St. Johns rives, Florida. *U.S. Fish. Bull.* 67 (1) : 281-288.

Tamayo, J. L. 1970. Geografía Moderna de México. Editorial Trillas, 5ª edición, México, D.F., 410 pp.

Tankersley, R. A., M. G. Wieber, M. A. Sigala y K. A. Kachurak. 1998. Migratory behavior of ovigerous blue crabs *Callinectes sapidus*: Evidence for selective tidal-stream transport. *Biol. Bull. Mar. Biol. Labs. Woods- Hole*, 195 (2) : 168-173.

Turner, R. E. 2001. Of Manatees, Mangroves, and the Mississippi River: Is There an Estuarine Signature for the Gulf of Mexico ?. *Estuaries*, 24 (2): 139–150.

Twilley, R.R., 1998. Mangrove Wetlands. En: M. G. Messina y W. H Conner (eds.). *Southern Forested Wetlands: Ecology and Management*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 445-473.

Twilley, R.R. y J.W. Day Jr. 1999. The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystem. En: A. Yañez-Arancibia y A. L Lara-Dominguez (eds.). Ecosistemas de manglar en América Tropical. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/HORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring, MD, USA, pp. 127-152.

Twilley, R.R., A. E. Lugo y C. Patterson-Zucca. 1986. Litter production and turnover in basin mangrove forest in Southwest Florida. *Ecology*, 67: 670-683.

Valdés-Holguin, J. E. 1994. Variaciones diarias de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila a, en una laguna hipersalina del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 20 (2): 123-137.

Valdés-Holguin, J. E. y L. R. Martínez-Córdova. 1993. Variabilidad de algunos parámetros físico-químicos y productividad primaria en la laguna La Cruz, Sonora, México. *Revista Biología Tropical*, 41 (2): 161-179.

Vollenweider, R.A. 1974. Phytoplankton. En: R.A. Vollenwider (ed.), A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook No. 12, Blackwell, London, England, pp. 157-177.

Villalba-Atondo, A., P. Ortega-Romero y M. De La O Villanueva. 1989. Evaluación geoquímica de la fase sedimentaria de ecosistemas costeros del Estado de Sonora, México. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, INOCAR, Ecuador, 5 (1): 98-105.

Villarreal-Chávez, G. 1992. Algunos aspectos de la biología de *Callinectes arcuatus* (Crustacea: Decapoda: Portunidae) en el delta del Río Colorado, México. *Proc. San Diego Soc. Nat. Hist.* 10: 1-4.

Wafar, S., Untawale, A.G., Wafar, M., 1997. Litter fall and energy flux in a mangrove ecosystem. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 44: 111-124.

Wetzel, R. G. 1983. *Limnology*. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania, 456 pp.

Williams, A. B. 1974. The swimming crabs of the genus *Callinectes*. *Fisher. Bull.* 72 (3): 685 – 798.

Wolfe, D. A. y B. Kjerfve, 1986. Estuarine variability: an overview. En: D. A. Wolfe (ed.). *Estuarine variability*, Academic Press, San Diego, California, USA, pp. 3-17.

Yáñez-Arancibia, A. 1987. Lagunas costeras y estuarios: Cronología. criterios y conceptos para una clasificación ecológica de sistemas costeros. *Rvta. Soc. Mexicana Hist. Nat.*, 39 (1) : 35-54.

Zertuche-González, J. A. y S. Alvarez-Borrego. 1978. Series de tiempo de variables físico-químicas en la boca de dos antiestuarios de Baja California. *Ciencias Marinas*, 5 (1): 91 - 103.