



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

Facultad de Ciencias

“EFECTO DE LA PRESENCIA DE UNA ESPECIE NO NATIVA
DE CAMARÓN (Litopenaeus vannamei) EN EL CRECIMIENTO
Y SOBREVIVENCIA DE UNA ESPECIE NATIVA DE GOLFO
DE MÉXICO (L. setiferus) EN EXPERIMENTOS DE
MESOCOSMOS “

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

GABRIELA ELVIRA ROMERO MORENO



TUTORA: DRA. MAITE MASCARÓ MIQUELAJAUREGUI.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

HOJA DE DATOS DE JURADO

1. Datos de alumno

Romero
Moreno
Gabriela Elvira
55730205
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
098170562

2. Datos del Tutor:

Dra.
Maite
Mascaró
Miquelajauregui

3. Datos sinodal 1

Dr.
Pablo
Hernández
Alcántara

4. Datos sinodal 2

M. en C.
Ana Margarita
Hermoso
Salazar

5. Datos sinodal 3

Dra.
Martha Gabriela
Gaxiola
Cortés

6. Datos sinodal 4

Dr.
Fernando Nuno
Dias
Marques
Simoës

7. Datos del trabajo escrito

“Efecto de la presencia de una especie no nativa de camarón (Litopenaeus vannamei)
en el crecimiento y sobrevivencia de una especie nativa de Golfo de México (L.
setiferus) en experimentos de mesocosmos “

98p

2006

Agradecimientos

Agradezco profundamente el apoyo y amistad que me brindó todo el conjunto de investigadores (especialmente Dra. Gabriela Gaxiola, Dr. Carlos Rosas) de la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) de Sisal, Yucatán, México. Especialmente aquellos del área de Ecología y Conducta: Dr. Nuno Simoes, Dr. Xavier Chiappa. Agradezco el gran apoyo brindado por los técnicos del área Heliodoro Hernandez, Luis Enrique Hidalgo. Agradezco el apoyo del personal en el área de estanques Biol. Manuel Valenzuela.

Uno de mis más grandes agradecimientos a mi tutora Dra. Maite Mascaró M., por todos los conocimientos que pude aprender con ella, y por el apoyo académico que me brindó; también por su comprensión, y amistad.

También agradezco a los profesores que me guiaron en el estudio de las ciencias del mar y que fueron unos excelentes maestros de taller y asesores de tesis M. en C. Margarita Hermoso y Dr. Pablo Hernández.

Agradezco a todos los alumnos que se encontraban en la UMDI en ese momento (Lalo, Ivan D., Alejandra, Pedro, Andrés, Gemma, Carlos, Jaime (cholino), Marco, Renne); por supuesto, a mi gran compañera de casa Lizbeth, a Ariadna S., a Tere, y a todas las personas que hicieron de mi estancia en Sisal una gran experiencia.

Por supuesto, mi más profundo agradecimiento a las personas que hicieron posible que iniciara y concluyera mis estudios, gracias por siempre estar conmigo y apoyarme en todo MIS PADRES y hermanas Rosario y Verónica. A toda mi familia.

Un profundo agradecimiento a una persona muy especial por apoyarme, y enseñarme a luchar. Gracias por tu apoyo y cariño, José Javier Murillo.

Y no puede faltar un agradecimiento a todos mis amigos, los que me han apoyado durante años, Caro y Abril, Mariana, Ana Clara, Panda, Lalo, Hugo, Miriam, Diana. A toda la gente que me brindo su amistad y apoyo en la Facultad: Anita Qk, Angélica B., Martin, Karla N., Wolke, Miguel, Conrado..... y una innumerable lista de personas que estimo.

Este trabajo fue realizado en el marco de los proyectos financiados por PAPIIT IN208302 y CONACyT 44763.

Índice general	Páginas
Agradecimientos	
Índice general	
Índice de Tablas	
Índice de Figuras	
Resumen	
1. Introducción	1
2. Antecedentes	
2.1 <i>Litopenaeus setiferus</i> , <i>Litopenaeus vannamei</i>	5
2.2 Competencia	8
2.3 El papel de la depredación	11
2.4 Mesocosmos	13
3. Objetivos e Hipótesis	
3.1 Objetivos	17
3.1.1 Objetivo general	17
3.1.2 Objetivos particulares	17
3.2 Hipótesis	17
4. Material y método	
4.1 Construcción y habilitación de estanques de mesocosmos	19
4.2 Origen y mantenimiento de los organismos experimentales	21
4.3 Diseño experimental	23
4.4 Pruebas fisiológicas (glucógeno en hepatopáncreas)	26
4.5 Pruebas estadísticas	27
5. Resultados	
5.1 Preliminar	31
5.1.1 Factores físico-químicos del agua (Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto)	31

5.1.2 Sobrevivencia	33
5.1.3 Crecimiento	33
5.1.4 Glucógeno	37
5.2 Experimento 1	
5.2.1 Factores físico-químicos del agua (Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto)	38
5.2.2 Sobrevivencia	40
5.2.3 Crecimiento	41
5.2.4 Glucógeno	47
5.3 Experimento 2	
5.3.1 Factores físico-químicos del agua (Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto)	48
5.3.2 Sobrevivencia	50
5.3.3 Crecimiento	52
5.3.4 Glucógeno	58
6. Discusión	59
7. Conclusiones	77
8. Literatura citada	79

Índice de Tablas

Tabla 1. Objetivos y condiciones particulares en las que se desarrollaron los experimentos preliminar, 1 y 2 del presente trabajo.....24 Pág.

Tabla 2.1. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento Preliminar. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*); n = 31; ns: no significativo.....34 Pág.

Tabla 2.2. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre talla final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento Preliminar. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*); n = 62; **p < 0.01; ***p < 0.001.....34 Pág.

Tabla 2.3. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre el peso final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento Preliminar. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*); n = 31; ns: no significativo.....35 Pág.

Tabla 2.4. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre peso final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento Preliminar. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*); n = 62; ns: no significativo; ***p < 0.001.....35 Pág.

Tabla 3.1. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 33; ns: no significativo; *p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001.....41 Pág.

Tabla 3.2. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre talla final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento 1. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 66; ns: no significativo; ***p < 0.001.....41 Pág.

Tabla 3.3. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre peso final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 33; ns: no significativo.....42 Pág.

Tabla 3.4. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre peso final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento 1. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 66; ns: no significativo; ***p < 0.001.....42 Pág.

Tabla 3.5. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* y *L. vannamei* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 37; ns: no significativo; ***p < 0.001.....43 Pág.

Tabla 3.6. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre talla final e inicial *L. setiferus* y *L. vannamei* durante el Experimento 1. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso (n = 37). Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); ns: no significativo; ***p < 0.001.....43 Pág.

Tabla 3.7. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre peso final e inicial de *L. setiferus* y *L. vannamei* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 37; ns: no significativo; ***p < 0.001.....44 Pág.

Tabla 3.8. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y Prueba de t para H_0 : $m = 1$ de la relación entre peso final e inicial *L. setiferus* y *L. vannamei* durante el Experimento 1. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); $n = 37$; ns: no significativo; *** $p < 0.001$44 Pág.

Tabla 4.1. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); $n = 21$; ns: no significativo.....52 Pág.

Tabla 4.2. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para H_0 : $m = 1$ de la relación entre talla final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento 2. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); $n = 84$; ns: no significativo; ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 52 Pág.

Tabla 4.3. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre peso final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); $n = 21$; ns: no significativo.....53 Pág.

Tabla 4.4. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para H_0 : $m = 1$ de la relación entre peso final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento 2. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); $n = 84$; ns: no significativo.....53 Pág.

Tabla 4.5. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* (Tratamientos 1 y 2) y *L. vannamei* (Tratamientos 3 y 4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); $n = 21$; ns: no significativo; *** $p < 0.001$55 Pág.

Tabla 4.6. Resultados de las pruebas de Tukey para comparar los interceptos de las cuatro ecuaciones de regresión entre talla final e inicial de *L. setiferus* (Tratamientos 1 y 2) y *L. vannamei* (Tratamientos 3 y 4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*). El valor crítico de $Q = 3.737$, $gl = 60$, $k = 4$, $\alpha = 0.05$; ns: no significativo, * $p < 0.05$55 Pág.

Tabla 4.7. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre peso final e inicial de *L. setiferus* (Tratamientos 1 y 2) y *L. vannamei* (Tratamientos 3 y 4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); $n = 21$; ns: no significativo; *** $p < 0.001$56 Pág.

Tabla 4.8. Resultados de las pruebas de Tukey para comparar los interceptos de las cuatro ecuaciones de regresión entre talla final e inicial de *L. setiferus* (Tratamientos 1 y 2) y *L. vannamei* (Tratamientos 3 y 4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*). El valor crítico de $Q = 3.737$, $gl = 60$, $k = 4$, $\alpha = 0.05$; ns: no significativo.....56 Pág.

Índice de Figuras

Figura 1. Imagen de estanques experimentales de mesocosmos con estructuras de PVC y malla sombra para disminuir la incidencia de luz.....19 Pág.

Figura 2. Sistema de aireación ("air lift") de los estanques experimentales en el que el aire corre a lo largo de dos anillos (uno perimetral y uno central) y sale por los tubos perpendiculares, generando una corriente de agua unidireccional que abarca toda la columna de agua. Las flechas indican el tránsito de aire dentro del sistema.....20 Pág.

Figura 3. Variación en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua de los estanques registrado a las 7:00 y 18:00 hrs durante el Experimento preliminar (28 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*). Los valores son medias \pm de (n=2). Días sin valores representan días donde los factores no fueron registrados.....32 Pág.

Figura 4. Supervivencia (%) final (A) y a lo largo del tiempo (B) de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento Preliminar. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes. sapidus*). Los valores son medias \pm de (n = 2) de datos transformados (transformación angular).....33 Pág.

Figura 5. Relación entre la talla (cm) (A) y peso (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento preliminar (28 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*) puntos negros, Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*) puntos rojos. Las líneas sólidas indican los valores de talla y peso finales calculados a partir de las ecuaciones de regresión; n = 80.....36 Pág.

Figura 6. Incremento en talla (cm) (A) y peso (g) (B) de *Litopenaeus setiferus* con respecto al tiempo durante el Experimento preliminar. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*) n =31, Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*) n =34.....36 Pág.

Figura 7. Glucógeno (mg/ml) en hepatopáncreas de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento Preliminar Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*). Los valores son medias \pm de; n (T1) = 12, n (T2) = 16.....37 Pág.

Figura 8. Variación en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua de los estanques registrado a las 7:00 y 18:00 hrs durante el Experimento 1 (21 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*). Los valores son medias \pm de (n = 4). Días sin valores representan días donde los factores no fueron registrados.....39 Pág.

Figura 9. Supervivencia (%) final (A) y a lo largo del tiempo (B) de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*). Los valores son medias \pm de (n = 4) de datos transformados (transformación angular).....40 Pág.

Figura 10. Relación entre las tallas (cm) (A) y pesos (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento 1 (21 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*: negros), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*) puntos rojos. Las líneas sólidas indican los valores de talla y peso finales calculados a partir de las ecuaciones de regresión en cada caso; n = 120.....45 Pág.

Figura 11. Relación entre las tallas (cm) (A) y pesos (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* (puntos negros) y *Litopenaeus vannamei* (puntos rojos) durante el Experimento 1 (21 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*). Las líneas sólidas indican los valores de talla y peso finales calculados a partir de las ecuaciones de regresión en cada caso; n = 40 (T2); n = 80 (T1)...46 Pág.

Figura 12. Incremento en talla (cm) (A) y peso (g) (B) de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* con respecto al tiempo durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*) n=64, Tratamiento 2 *Litopenaeus setiferus* (n=33) + *Litopenaeus vannamei* n=38...46 Pág.

Figura 13. Glucógeno (mg/ml) en hepatopáncreas de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*). Los valores son medias \pm de; n = 37, 18 y 30 para *Litopenaeus setiferus* T1, *Litopenaeus setiferus* T2 y *Litopenaeus vannamei* T2, respectivamente.....47 Pág.

Figura 14. Variación en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua durante el Experimento 2 (42 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*); Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*); Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*); Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei* + *Callinectes sapidus*). Datos de medias \pm de (n = 3). Los días que no se tiene registro, son días de muestreo donde no se alcanza a tomar los datos.....49 Pág.

Figura 15. Sobrevivencia (%) en el tiempo de *Litopenaeus setiferus* (A) en los 4 tratamientos (T1, T2, T3, T4); *L.setiferus* (T1, T2) y *Litopenaeus vannamei* (T3, T4) (B); y sobrevivencia final de ambos (C) durante el Experimento 2. Datos son medias \pm de (n = 3) de datos transformados (transformación angular). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*); Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*); Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*); Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei* + *Callinectes sapidus*)...51 Pág.

Figura 16. Relación entre las tallas (cm) (A) y pesos (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento 2 (42 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*), Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*), Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus* + *Litopenaeus vannamei*). Las líneas sólidas indican los valores de talla y peso finales calculados a partir de las ecuaciones de regresión (n = 180).....54 Pág.

Figura 17. Relación entre la tallas (cm) (A) y pesos (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* durante el Experimento 2 (42 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*), Tratamiento 3 (*Litopenaeus vannamei*), Tratamiento 4 (*Litopenaeus vannamei* + *Callinectes sapidus*).....57 Pág.

Figura 18. Incremento en talla (cm) (A) y peso (g) (B) de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* con respecto al tiempo durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*) n =46, Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*) n =44. Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*) n = 46, Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus* + *Litopenaeus vannamei*) n =48.....57 Pág.

Figura 19. Glucógeno (mg/ml) en hepatopáncreas de (A) *Litopenaeus setiferus* y (B) *Litopenaeus setiferus* (T1, T2) y *Litopenaeus vannamei* (T3, T4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*), Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*), Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus* + *Litopenaeus vannamei*). Los valores son medias \pm de.....58 Pág.

RESUMEN

Este trabajo es el resultado de la preocupación e interés sobre los ecosistemas lagunares y estuarinos del Golfo de México, y la necesidad de responder preguntas sobre el impacto potencial causado por la introducción de una especie no nativa de camarón *Litopenaeus vannamei* Bonne 1903, en las granjas acuícolas a lo largo de toda la costa Atlántica de Norte América.

La especie de camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*) posee un ciclo de vida muy similar al de la especie nativa del Golfo de México (*Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767)), y ocupa las mismas zonas de reproducción y crianza, por lo que es probable que compartan lo que podemos llamar teóricamente el mismo nicho ecológico. *Litopenaeus vannamei* en condiciones de cultivo tiene una tasa de asimilación del doble y una tasa de crecimiento de 2-3 veces mayor que *L. setiferus*, convirtiéndola en un competidor potencialmente exitoso. Se desconoce si existen poblaciones establecidas de *L. vannamei* en las aguas costeras del Golfo de México, pero la evidencia experimental y los modelos matemáticos teóricos desarrollados sugieren que en una situación de competencia extrema, se podría provocar una disminución de las poblaciones de *L. setiferus*, o bien la exclusión de las áreas donde estas poblaciones habitan. Para acercarnos a la comprobación de esta hipótesis es necesario primero determinar si la presencia de *L. vannamei* modifica el crecimiento y sobrevivencia *L. setiferus* en condiciones parecidas a las de las zonas estuarinas del Golfo de México.

Para ello, se realizaron tres experimentos de mesocosmos que permitieron replicar las variaciones naturales de algunos factores abióticos, en tanto se consiguió controlar los efectos de los factores bióticos. Esta metodología brinda una buena opción para estudiar procesos ecológicos. Dichos experimentos buscaron determinar el efecto de la presencia de *L. vannamei* sobre el crecimiento y sobrevivencia de *L. setiferus*, tanto solo, como en presencia de uno de sus depredadores naturales, la jaiba *Callinectes sapidus*, Rathbun 1896. Asimismo, se intentaron identificar indicadores bioquímicos de la

condición de estrés nutricional de los organismos, que correspondan con las variaciones en las tasas de crecimiento y/o la sobrevivencia observadas.

Para evaluar el posible efecto de la especie no nativa sobre la tasa de crecimiento de *L. setiferus* sometidos a diferentes tratamientos, se consideró un diseño experimental de análisis de covarianza sobre la relación entre la talla y pesos iniciales y finales de los individuos. La valoración del efecto en la sobrevivencia de *L. setiferus* se realizó sobre los porcentajes de sobrevivencia, utilizando pruebas de t-Student y análisis de varianza. Se realizaron conteos del total de individuos sobreviviente después de diversos periodos de tiempo, registrando la longitud total (cm) y peso húmedo (g) de los organismos (identificados individualmente). En el primer experimento (preliminar) se hizo un muestreo semanal, mientras que en el segundo y tercer experimentos (experimentos 1 y 2) se hicieron cada 15 días. Al final de cada experimento se midieron, las concentraciones de glucógeno en hepatopáncreas para valorar el estado fisiológico y nutricional de los organismos ante los diferentes tratamientos.

En el experimento preliminar los análisis mostraron que no hay un efecto significativo *C. sapidus* (factor de depredación) sobre la tasa de crecimiento ni la sobrevivencia de *L. setiferus*. En el experimento 1, tampoco se observó un efecto importante de *L. vannamei* sobre la tasa de crecimiento ni la sobrevivencia de *L. setiferus*. En el experimento 2, donde se combinó la introducción de la especie no nativa y el factor de depredación, y nuevamente los análisis realizados demostraron que no hay un efecto significativo de la presencia de *C. sapidus* y *L. vannamei* sobre la tasa de crecimiento ni la sobrevivencia de *L. setiferus*. Sin embargo, se observó que *C. sapidus* puede desempeñar un efecto modulador en la interacción entre *L. vannamei* y *L. setiferus*.

A pesar de no haber encontrado evidencia de un efecto negativo significativo de *L. vannamei* sobre el crecimiento y sobrevivencia de *L. setiferus*, la ausencia de dicha evidencia no asegura que esta especie no pueda causar un impacto en los ecosistemas del Golfo de México, y se sugiere realizar mas investigaciones en el tema.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas productivos y de sostén económico del país dependen en gran medida de nuestra riqueza biológica. Los trabajos de investigación dirigidos a conocer estos recursos para el desarrollo económico y social del país, históricamente han puesto su atención en ecosistemas terrestres, y como resultado se ha conseguido la tecnificación de la agricultura y ganadería principalmente. Sin embargo, en las últimas décadas se le ha dado una notable importancia a la explotación de nuestros recursos marítimos, y la investigación sobre aspectos biológicos y ecológicos de los mismos han proliferado (Semarnat, 2002).

Dentro de los recursos marinos más importantes de las últimas décadas, se encuentran las especies de camarones peneidos tanto del Golfo de México como del Pacífico. La producción pesquera de estas especies ha sido una de las actividades económicas más importantes del país, alcanzando niveles de producción máximos de 28,000 toneladas por año en 1985 y 1986 (Navarrete y Uribe, 1993; Secretaría de Pesca, 1985, 1986), y actualmente ocupa el tercer lugar a nivel nacional (Semarnat, 2002). Sin embargo, la sobre-explotación pesquera, aunada a la falta de conocimiento científico y técnico, la siembra indiscriminada de especies exóticas y la deforestación del manglar han provocado una fuerte descapitalización del sector, volviendo la pesca de camarón una actividad poco rentable (Navarrete y Uribe, 1993). No solamente ha disminuido la producción de este valioso recurso, sino que la actividad pesquera en su conjunto ha caído en una profunda crisis (Dr. Francisco Arreguín, com. pers.).

A consecuencia de la crisis en la pesquería de camarones peneidos, en la década de los ochentas la acuicultura se expandió rápidamente en el mundo y es actualmente, la esperanza mundial para mantener el suministro global de muchos productos acuáticos (Navarrete y Uribe, 1993). En América, el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1903 (Hendrix, 1996)) es la especie más cultivada, con una producción cercana a las 132 mil toneladas anuales

(Roseberry, 1998) y es la segunda especie más cultivada en todo el globo. De las 2,500 especies (Darryl, 2001) de camarones peneidos en el mundo solo una docena son explotadas comercialmente y pertenecen a los géneros *Penaeus* Fabricius, 1798 o *Litopenaeus* Perèz-Farfante 1969 (Pérez-Farfante, 1970; Hendrix, 1996).

En tanto que *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) tiene una distribución desde la Isla Fire, New York, hasta estuarios en el Golfo de México, extremo oeste de Florida hasta Campeche y Yucatán (Pérez-Farfante, 1970), *L. vannamei* tiene un ámbito de distribución natural que abarca la costa americana del Pacífico, desde el Golfo de California hasta Tumbes, Perú. (Pérez-Farfante, 1970). Sin embargo, su introducción en la costa Atlántica de este continente se ha llevado a cabo desde Brasil hasta Estados Unidos, desarrollando de forma importante la industria camaronícola de muchos países americanos. Por este motivo, la especie ha sido introducida por algunos acuicultores en el Golfo de México, y se propone su cultivo extensivo e intensivo en más granjas camaroneras de la región.

Tanto como resultado de las maniobras propias de las granjas camaronícolas, como por eventos naturales, como huracanes, ciclones e inundaciones, las poblaciones cultivadas de esta especie no-nativa de la costa Atlántica tienen el potencial para invadir los ecosistemas naturales de los camarones peneidos del Golfo de México (*L. setiferus*, *Farfantepenaeus duorarum* Burkenroad, 1939 y *Farfantepenaeus aztecus* (Ives, 1891)).

De las especies de camarones peneidos del Golfo de México, *L. setiferus* es la especie con la que *L. vannamei* guarda mayor semejanza biológica y, se pueden considerar equivalentes en cuanto a los habitats que ocupan en ambas zonas costeras (Pérez-Farfante, 1970). Ambas son especies del género *Litopenaeus*, compartiendo características morfológicas y de su biología reproductiva, preferencias de hábitat y alimentación, así como algunos rasgos de las historias de vida (García y Le Reste, 1987). Si comparamos el ciclo vital, habitats y alimentación de diferentes especies de Peneidos, como las que se hallan en la costa atlántica de Estados Unidos y México (*Farfantepenaeus duorarum*, *F. aztecus*) y en la costa pacífica de México (*Penaeus* (*Litopenaeus*) *stylirostris*

Stimpson, 1871, *P. californiensis* Halmes, 1900, (Hendrix, 1996)) podemos observar que comparten características.

Dada la gran capacidad adaptativa de *L. vannamei*, individuos liberados accidentalmente podrían responder favorablemente ante las condiciones y presiones ambientales que le ofrecen los sistemas estuarinos del Golfo de México. Por otra parte, *L. vannamei* es una especie que crece dos veces más rápido que *L. setiferus*, y que tiene una eficiencia de asimilación del doble que la especie nativa bajo condiciones similares de cultivo (Rosas et al., 2001). Resultados de las investigaciones sobre las bases biológicas para el cultivo de *L. setiferus* han mostrado la dificultad para la cópula natural de esta especie en cautiverio; en tanto que muchas granjas que cultivan *L. vannamei* basan su sistema de reproducción en la cópula natural en los estanques de maduración. (Gabriela Gaxiola, com. pers.)

La competencia ecológica se refiere a la interacción entre organismos por un recurso, como luz, alimento, nutrientes, agua y sustrato (Krebs, 1978; Nybakken, 1997; Odum, 19767). Entre los factores que modulan la competencia están las barreras geográficas, el comportamiento de los organismos, las interacciones con otros organismos (principalmente la interacción con los depredadores), y las respuestas a factores físico-químicos como la temperatura, salinidad, luz y el oxígeno disuelto (Krebs, 1978). La distribución y abundancia de las especies se ve afectada por estos factores, mediante el fenómeno de competencia.

De los aspectos teóricos sobre el concepto de competencia más importantes se deriva el principio de exclusión competitiva (Gause, 1934). Este establece que bajo ciertas condiciones (Pielou, 1974), la competencia entre dos especies provoca que éstas no puedan coexistir en el mismo espacio y tiempo. Dicho principio es uno de los mecanismos de regulación biológica que explican teóricamente la separación de especies estrechamente relacionadas, o bien la reducción en la densidad poblacional donde las especies son capaces de coexistir (Krebs, 1978). En tanto que Elton en 1972 (en Krebs, 1978) definió el nicho ecológico como el lugar de un organismo en el ambiente biótico, en el cual se relaciona con su comida y sus depredadores, otras definiciones mas funcionales del nicho

ecológico se han usado para describir el papel de un animal en un ecosistema (Krebs, 1978). La noción de multidimensionalidad (Begon *et al.*, 1986, 1990) del nicho permite explicar la presencia de especies cercanas como producto de la competencia, cuyo resultado es la modificación de alguna de las dimensiones del nicho de por lo menos una de ella.

Considerando lo anterior, existe la posibilidad de que a lo largo de varias generaciones, poblaciones bien establecidas de *L. vannamei* compitan con *L. setiferus* por algunos recursos, y eventualmente consigan ya sea desplazar a *L. setiferus* de las áreas naturales donde normalmente habita, o bien reducir el tamaño de sus poblaciones. Esta hipótesis incluye la posibilidad de que ante un fenómeno de sustitución parcial también se desencadenen alteraciones en todo el ecosistema, pues se verían afectadas las innumerables interacciones que guarda *L. setiferus* con otras especies que cohabitan las zonas estuarinas del Golfo de México. Este tipo de efectos negativos han sido reportados para una gran variedad de fenómenos de bioinvasión por organismos acuáticos, (Occhipinti-Ambrogi y Savini, 2003; Occhipinti-Ambrogi y Galil, 2004).

En tanto que este trabajo aporta conocimiento sobre el resultado de las interacciones potenciales entre *L. setiferus* y *L. vannamei*, no constituye una valoración exhaustiva sobre el posible impacto que causaría la liberación masiva de *L. vannamei* al ecosistema. Investigaciones encaminada a conocer la existencia de poblaciones de *L. vannamei* en aguas costeras del Golfo de México; la posibilidad de entrecruzamiento de las dos especies y la viabilidad de la progenie; y el potencial de expansión de enfermedades virales y bacterianas identificadas originalmente en *L. vannamei*, entre otras, son necesarias para valorar dicho impacto de manera realista. Solo con un conocimiento profundo sobre el impacto de esta especie potencialmente invasora, es que se podrán elaborar normas de bioseguridad adecuadas para evitar desastres ecológicos sin el menoscabo del desarrollo de una importante actividad económica en el país.

1. ANTECEDENTES

2.1 *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei*

Las dos especies que son el sujeto de estudio del presente trabajo comparten muchos rasgos biológicos, empezando porque ambas especies comparten la misma posición taxonómica (mismo género *Litopenaeus*).

El ciclo de vida de estos camarones incluye etapas de desarrollo que se llevan a cabo en diferentes habitats. Las hembras de *L. vannamei* desovan en mar abierto de la zona del Océano Pacífico (desde el Golfo de California hasta Tumbes, Perú), mientras que las hembras de *L. setiferus* desovan en el mar abierto del Océano Atlántico (desde Lousiana hasta el sur del Golfo de México). Ambas especies pueden desovar en lugares relativamente cercanos a las costas, o bien, a muchos kilómetros de la misma (Ruiz, 1993). En ambas especies los huevos fertilizados son dispersados mientras descienden al fondo, eclosionando aproximadamente 24 horas después del desove. La primera etapa larval del camarón es el nauplio, y atraviesa por cinco subestadios; posteriormente pasa al estadio de protozoa, constituido por tres subestadios; finalmente sufre una metamorfosis para pasar al estadio de mysis, que consiste en tres subestadios (Neal *et al.*, 1985; Ruiz, 1993). El paso por todas las etapas larvarias en condiciones naturales toma aproximadamente de dos a tres semanas (Bliss, 1990).

Durante la etapa larval, los peneidos son arrastrados por las corrientes hacia la costa. Conforme se van acercando a las bocas de los estuarios, las larvas vuelven a sufrir una metamorfosis y pasan al estadio de postlarva, cambiando a una forma de vida esencialmente bentónica. Hacia el final del estadio de postlarva, los organismos se establecen en los estuarios, los cuales son considerados como zonas de crianza (Bliss, 1990; Per-Olav, 2005; Ruiz y López, 1975). De cuatro a ocho semanas después de haber llegado al estuario se convierten en juveniles (Bliss, 1990), etapa del ciclo de vida con una duración de dos a cuatro meses (Ruiz, 1993). Cuando los camarones han alcanzado el estado adulto

regresan a mar abierto para reproducirse, dando inicio al nuevo ciclo. (Bliss, 1990; Per-Olav, 2005).

Los camarones peneidos se pueden clasificar en tropicales y de aguas templadas, *L. setiferus* y *L. vannamei* pertenecen a los que tienen requerimientos de temperaturas superiores a 20°C, con crecimiento óptimo entre 26 y 32°C. Por lo general cada etapa del desarrollo tiene un rango óptimo de temperatura y salinidad para su normal desarrollo; así, las larvas se desarrollan a temperaturas entre 25–30°C y salinidades entre 28‰ y 35 ‰, mientras que las postlarvas tienen una tolerancia más amplia a los cambios de estas variables. Por ejemplo, postlarvas de *L. setiferus* pueden tolerar amplias fluctuaciones de salinidad y temperatura, alcanzando temperaturas hasta de 30–35°C y salinidades de hasta 40‰ (García y Le Reste, 1987).

Los factores externos como la salinidad, el movimiento de corrientes y mareas y la temperatura, son los que controlan y modifican el comportamiento de los camarones a lo largo de su ciclo de vida, e intervienen en los procesos ecológicos de los que forman parte (Arosamena, 1976). Arosamena (1976) establece que la salinidad, es el factor determinante en el control de los movimientos migratorios. La temperatura, más que modificar el comportamiento, modifica el grado de actividad del camarón, ya que a medida que la temperatura aumenta los movimientos se hacen más rápidos (Arosamena, 1976). La velocidad de corriente no tiene gran influencia en la movilidad, y se le reconoce como un factor que solo acentúa el comportamiento migratorio (Arosamena, 1976).

Litopenaeus setiferus y *L. vannamei* son especies morfológicamente y biológicamente muy similares, y ocupan nichos ecológicos parecidos. Comparten una gran cantidad de características de su biología reproductiva, preferencias de hábitat y alimentación, así como algunos rasgos de las historias de vida (García y Le Reste, 1987). Una de las más sobresalientes es la relacionada con la biología reproductiva, ya que son camarones con téglico abierto, que es una modificación en las hembras de los últimos 2 o 3 segmentos torácicos y que funciona para transmitir los espermátóforos y

después escudar el receptáculo seminal, les da una ventaja biológica reproductiva (Pérez-Farfante y Kensley, 1997).

A pesar de estas similitudes, los trabajos de Rosas (1996, 1999, 2000, 2001) Sánchez (2001) han demostrado que bajo condiciones de cultivo, la asimilación de alimento es mucho mayor en *L. vannamei*, quien presenta una tasa metabólica mas baja que *L. setiferus*. Esto se refleja en que los primeros utilizan menos energía para el crecimiento, y tienen una tasa de crecimiento de 2 a 3 veces mayor que los segundos (en juveniles de 1 gr aproximadamente). Por su parte, bajo condiciones de cultivo, *L. setiferus* presenta una alta tasa de sobrevivencia (95-99%), tasas de producción acuícola atractivas (5258 kg/h; 13.5 g /animal), y rasgos que le permiten ser cultivada adecuadamente en densidades de hasta (40 orgs. /m²) (Sandifer, 1993).

En condiciones naturales, Springer y Buills (1954) y Hildebrand (1954,1955) reportaron que *L. setiferus* se encuentra distribuidas abundantemente sobre sustratos lodosos del Golfo de México. Más adelante Giles y Zamora (1973) propusieron que los principales factores que afectan la distribución de juveniles de *L. setiferus* dentro de los habitats estuarinos son la disponibilidad de alimento, el tipo de sustrato y la cobertura vegetal. Sin embargo, con respecto a la cobertura vegetal, estudios experimentales han sugerido que *L. setiferus* muestra un patrón inconsistente de preferencia de microhábitat, y explican que en el campo se encuentre asociado a sustratos con y sin cobertura vegetal (Minello y Zimmerman, 1985, 1991; Mascaró *et al.*, 2006; Magallón-Gayón, 2005). Asimismo, se ha demostrado que *L. setiferus* no presenta diferencias en su conducta selectiva de sustrato entre el día y la noche (Mascaró *et al.* 2006; Magallón-Gayón, 2005), a pesar de haber sido reportado como un organismo de hábitos principalmente nocturnos (Minello y Zimmerman, 1985, 1991).

Por su parte, los juveniles de *L. vannamei* se localizan en los sistemas lagunares caracterizados por presentar una rica proporción de detritus, pastos marinos y manglares (Tapia-García y Gutierrez, 1998), aunque también se han encontrado en microhabitats lodosos sin cobertura vegetal. A diferencia de *L. setiferus*, experimentos sobre selección de microhábitat mostraron que los juveniles de *L.*

vannamei si seleccionan activamente los sustratos con arena-lodo y vegetación artificial durante el día, pero no muestran preferencias durante la noche (Mascaró *et al.* 2006; Magallón-Gayón, 2005).

En el estadio de poslarva, los peneidos se alimentan de zooplancton, mientras que cuando son juveniles son omnívoros (García y Le Reste, 1987), incluyendo en su dieta pequeños crustáceos, algas, plantas, etc. En otros estudios de contenido estomacal se han encontrado pequeños crustáceos, poliquetos, algas y detritus (Wikins, 1976). Las dietas naturales de los juveniles de *L. setiferus* y *L. vannamei* no han sido estudiadas específicamente, y por lo tanto no se conocen las diferencias y similitudes en particular. Sin embargo, dada la similitud morfológica de las estructuras de la alimentación, la de tamaño, y la similitud de tipos de organismos que se encuentran en las zonas de crianza de estas especies, se puede pensar que sus dietas serán relativamente similares.

2.2 Competencia

La competencia es un término ecológico que se refiere a la interacción entre organismos por un recurso, como luz, comida, nutrientes, agua y espacio (Krebs, 1978; Nybakken, 1997; Odum, 1976). El termino competencia según Keddy (1989) puede definirse como los efectos negativos que tiene un organismo sobre otro, y puede resultar de una limitación en el recurso utilizado, o bien del control al acceso de dicho recurso que uno de los competidores ejerce sobre el otro. La competencia puede ser intraespecífica (entre individuos de la misma especie) o interespecífica (entre individuos de diferentes especies), y naturalmente se incrementa cuando la abundancia poblacional de por lo menos uno de los competidores aumenta. Este incremento en la competencia lleva a un incremento en el estrés sobre los organismos, limitando aún más el crecimiento poblacional de una o ambas poblaciones (Nybakken, 1997).

En la interacción competitiva, los competidores comparten el límite por el recurso, resultando en la inhibición de su crecimiento, desarrollo y reproducción. Esto hace que el número de individuos se vea limitado, y se

control de la abundancia de las poblaciones. En el caso de la competencia intraespecífica, el control ocurre a través de la alteración de la abundancia de distintos tipos de organismos de una misma especie (i.e. grupos de edad, sexos, etc.); en el caso de la competencia interespecífica, el control ocurre mediante la alteración de la abundancia de toda la población, ya que una especie puede tener mayores capacidades adaptativas que otra (Nybakken, 1997).

En el caso de la competencia interespecífica, existe evidencia experimental y modelos matemáticos que sugieren que si una de las especies tiene una población con un número suficiente de individuos como para evitar que la otra especie crezca, se puede provocar una disminución de la población hasta la extinción de dicha población, o bien la exclusión de la misma del área donde normalmente habita (Nybakken, 1997). Por ello, se ha dicho que el fenómeno de competencia entre especies puede provocar: (a) el desplazamiento de la especie competitivamente inferior, o bien, (b) la coexistencia de ambas con alteraciones en su abundancia poblacional. El primer caso, también conocido como el principio de Gause (1934) o de “exclusión competitiva”, permite hacer las siguientes consideraciones:

A) Según Gause (1934) “Como resultado de la competición dos especies ecológicamente similares rara vez cohabitan y coexisten. Una especie desplaza o elimina a la otra, de manera que toma posesión única sobre un recurso que está en cantidades limitadas, ya que tiene una ventaja competitiva sobre su competidor”. Dos especies con requerimientos (nichos) ecológicos idénticos no pueden cohabitar y coexistir en el mismo lugar y al mismo tiempo.

B) Siendo la coexistencia una realidad extensa en el mundo animal, se puede concluir que la competencia casi nunca termina en desplazamiento competitivo de una especie por otra. O bien, la identidad absoluta de nichos ecológicos entre especies es poco común en la naturaleza.

Al respecto, Pielou (1974) sugiere la existencia de un conjunto de condiciones que deben ser cumplidas para que tenga lugar la exclusión competitiva: 1. Una de las especies competidoras debe permanecer sin cambios genéticos por un

periodo de tiempo lo suficientemente grande para excluir a la otra especie; 2. No debe existir inmigración de individuos provenientes de otras áreas con diferentes condiciones; 3. Las condiciones ambientales deben permanecer constantes a lo largo del tiempo, siendo el recurso limitado de manera constante; 4. La competencia debe continuar por suficiente tiempo para, para lograr la exclusión de una de las especies.

En ciertos lugares y por ciertos periodos de tiempo donde se verifique una convivencia mutua entre dos especies es posible que las especies desarrollen cambios en sus hábitos alimenticios, en su conducta, fisiológicos y hasta morfológicos, de tal manera que el principio de exclusión nunca se cumpla. Dada la multidimensionalidad del nicho ecológico (Begon *et al.*, 1986, 1990) y la versatilidad de los individuos en el uso de los recursos, la coexistencia se torna no solo posible sino frecuente en la naturaleza (Palomares, *et al.* 1995; Carvajal *et al.*, 2005).

Existen algunas situaciones, en las que se ha encontrado que especies competidoras no poseen diferencias morfológicas, conductuales o fisiológicas apreciables, y aun así cohabitan y coexisten. Esto se explica por el efecto de depredadores, que mantienen a la especie dominante en niveles poblaciones reducidos ((Palomares, *et al.* 1995; Carvajal *et al.*, 2005). De modo que competidores superiores pueden no eliminar competitivamente a sus competidores inferiores por mediación del efecto depredador. Por otra parte, una inmigración continua de la especie competitivamente inferior proveniente de áreas cercanas puede mantenerla indefinidamente sin ser nunca completamente eliminada (Palomares, *et al.* 1995; Carvajal *et al.*, 2005). Por ejemplo, en el mar Mediterráneo/Negro se han registrado estragos ecológicos serios como resultado de la bioinvasiones del alga marina tropical *Caulerpa*, introducida en la parte norte del mar Mediterráneo, y que desestabilizó, pero no eliminó la existencia de *Posidonia oceanica* (especie endémica del mediterráneo) por las interacciones existentes (Occhipinti-Ambrogi y Savini, 2003).

2.3 El papel de la depredación.

La interacción depredador-presa ha sido estudiada de manera extensiva en las últimas décadas (Crayford y Goss-Custard, 1990; Egglestone *et al.* 1990; Mansour y Lipcius, 1991) y la generación de conocimientos útiles y novedosos sobre el tema se ha convertido en un objetivo primordial de investigación en ecología marina. La depredación puede influir en las poblaciones de presas locales limitando su distribución, abundancia y estructura demográfica (Paine, 1976; Raffaelli y Milne, 1987; Virnstein, 1977). Asimismo, muchas características fisiológicas, morfológicas y poblacionales, incluyendo las historias de vida de las presas, son el resultado de las presiones ejercidas por la depredación (Seed y Brown 1978; Seed 1990). Numerosos estudios han resaltado la importancia de la depredación en la determinación de la dinámica de los ecosistemas lagunares-estuarinos (Jordan *et al.*, 1996; Virnstein 1977). De haber una liberación masiva de *L. vannamei* en aguas del Golfo del México, es de primera importancia conocer cómo se verían modificadas las interacciones tróficas entre distintos componentes del sistema.

A pesar del carácter omnívoro de la jaiba azul, *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 (Clase Malacostraca, Orden Decápoda, Familia Portunidae), investigaciones previas han demostrado que es un importante depredador de camarón (Hsueh *et al.*, 1992). La dieta natural de esta especie incluye grandes cantidades de poslarvas y juveniles de camarones peneidos (Rosas, 1989), con los que cohabita en los estuarios y lagunas costeras que son utilizados por ambos como zonas de crianza. En condiciones controladas de laboratorio, una jaiba de 30-50 mm de ancho de caparazón es capaz de consumir hasta 3.9 *L. setiferus* de 70-90 mm de largo total por día, mientras que una jaiba de 90-110 mm puede consumir hasta 5 camarones de la misma talla por día (Mascaró *et al.*, 2003).

Dada la flexibilidad de su dieta, y su gran voracidad, aunado al hecho que la jaiba azul es uno de los crustáceos bentónicos más abundantes en los ecosistemas costeros del Golfo de México (Ruiz, 1993; Williams y Egge, 1984), se puede considerar que la depredación de *C. sapidus* es uno de los factores determinantes en la dinámica poblacional, la estructura de edades, el

comportamiento, y la distribución de sus presas, incluido *L. setiferus* (Cote *et al.*, 2001).

En un estudio comparativo sobre la conducta selectiva de *C. sapidus* al alimentarse de tres tamaños de *L. setiferus* y *L. vannamei* (Mascaró *et al.*, resultados no publicados) se encontró que los patrones conductuales exhibidos por las jaibas ante las dos especies de camarón eran similares. Los estímulos que recibieron las jaibas, y su forma de atacar a ambas especies de camarón fueron parecidos. Sin embargo, los autores reportaron que las tasas de consumo de los tres tamaños de *L. setiferus* fueron sustancialmente mayores que las de *L. vannamei*. Asimismo, el análisis estadístico de los resultados mostró que *C. sapidus* no seleccionó ningún tamaño de *L. vannamei* en particular, en tanto que seleccionaron *L. setiferus* de 70-90 mm de largo total.

Algunas de las diferencias en las estrategias empleadas por los portunidos al alimentarse de distintos tipos de presas pueden ser explicadas con base en las características morfológicas de sus quelípedos (Hughes, 1990; Hughes y Seed, 1995) y por la distinta vulnerabilidad que presentan las presas con características anatómicas y fisiológicas diversas (Barbeau y Scheibling, 1994; Boulding, 1984). De acuerdo con Mascaró *et al.* (Resultados no publicados) sin embargo, estas diferencias no son lo suficientemente grandes al comparar las dos especies de camarones peneidos, lo que explica en gran medida la similitud en las estrategias de alimentación observadas con *L. setiferus* y *L. vannamei*.

A partir de experimentos sobre selección de microhábitat de *L. setiferus* y *L. vannamei*, Mascaró *et al.* (2006) mostraron que la presión de depredación ejercida por *C. sapidus* modificó la conducta de selección de ambas especies de camarón de la misma manera. Tanto *L. setiferus* como *L. vannamei* presentaron movimientos netos hacia el sustrato con únicamente arena-lodo durante las observaciones nocturnas, y en ningún caso, los camarones mostraron preferencia alguna por el sustrato de únicamente pasto artificial. Los autores sugirieron que la rafia simulando los pastos naturales no jugó un papel importante como estructura de refugio en la conducta de escape de estos camarones, y que los patrones conductuales involucrados en la escapatória de

depredadores como la jaiba, seguramente están más relacionados con las características del sustrato que les permita enterrarse y con la habilidad persecutoria de las jaibas.

Con respecto a esto último, en un estudio sobre diferencias entre las trayectorias de escape de *L. setiferus* y *L. vannamei* cuando son atacadas por una jaiba del género *Callinectes*, González *et al.* (2006), concluyeron que las jaibas atacaban a ambas especies desde el mismo ángulo y utilizando los dos quelípedos con la misma frecuencia. Por su parte, los ángulos de escape, los tiempos de escape y las distancias de primera reacción de ambas especies ante los ataques de las jaibas fueron estadísticamente indistinguibles (González *et al.* resultados no publicados). La única diferencia que los autores reportaron radicó en que *L. vannamei* presentó velocidades de escape significativamente mayores que las de *L. setiferus*. Dado que el mecanismo de huida estudiado (llamado también “tail flip”) requiere instantáneamente de gran cantidad de energía para la contracción abdominal, los autores sugieren que la diferencia en velocidad observada está relacionada con diferencias metabólicas para hacer disponible la energía necesaria para dicha contracción.

Las similitudes taxonómicas, morfológicas y reproductivas, así como las conductuales y del uso de los recursos (dieta, hábitats estuarinos, sustratos, etc.) y de ciclo de vida entre *L. setiferus* y *L. vannamei*, permiten suponer que existe un cierto grado de traslape de los nichos ecológicos de ambas especies.

2.4 Mesocosmos

Los mecanismos de regulación natural de la abundancia de las poblaciones ha sido un tópico controversial dentro de la ecología reciente del siglo XX. Howard y Fiske (1911) propusieron dos tipos de “agentes” o “factores” que son responsables de controlar la abundancia de las poblaciones, mismos que posteriormente Smith (1935) denominó factores denso-dependientes y denso-independientes. Algunas poblaciones tienden a auto limitarse debido a que la proporción de ciertos individuos disminuye a medida que la densidad aumenta. Tales poblaciones tienden a nivelarse en densidades menores a las de la

saturación y su abundancia poblacional puede decirse que es inversamente dependiente de la densidad. Otras poblaciones no son autolimitadas, sino que tienden a crecer en orden geométrico, a menos que sean frenadas por otras fuerzas externas a la población. Estas pueden excederse en sus fuentes de energía y en sus hábitats originales, y se les denomina independientes de la densidad (Odum, 1963). Así, la teoría ecológica (Krebs, 1978; Liss y Warren, 1998; Odum, 1963) ha desarrollado una serie de ideas acerca de cómo la abundancia en las poblaciones es determinada tanto por estos factores, como por las interacciones entre organismos y su medio.

Encargada de explicar los patrones de variación en la abundancia de las poblaciones naturales, la ecología ha utilizado diversas metodologías. Las primeras fueron aquellas dirigidas a identificar los patrones de variación espacio-temporal de la abundancia de los organismos en áreas de distribución previamente delimitadas. Estos estudios de campo lograron descripciones representativas de la variabilidad observada, pero dada la complejidad de los factores causales y sus intrincadas relaciones, dicha variabilidad terminaba por ser explicada sólo parcialmente. Posteriormente, el desarrollo de la ecología experimental permitió la posibilidad de corroborar hipótesis sobre la causalidad de algunos factores determinantes de la abundancia poblacional que ya habían sido identificados. Así, por ejemplo, los efectos de la depredación han sido estudiados en diversas escalas y con diseños experimentales que van desde los estudios de gran escala en el campo, hasta sistemas controlados de laboratorio de pequeña escala (Ebling *et al.*, 1964). Estos últimos se han definido como estudios donde se construye un “pequeño mundo”, usualmente artificial, cuya característica principal es que no se asemeja al ambiente natural mucho mas complejo en el que habitan los organismos (William *et al.*, 1998). Esto ha resultado, en fuertes críticas por abusar de extrapolaciones de los resultados de laboratorio hacia las observaciones generales de los fenómenos en el campo (Chapman, 1961; Kneib, 1995; Lawton y Zimmer-Faust, 1992; Odum, 1984; Underwood, 1997; Williams y Egge, 1998).

Una forma de estudiar interacciones poblacionales es a través de la construcción de ecosistemas controlados de tamaño intermedio o

mesocosmos, en los que se trata de mantener el mayor número de factores del ambiente natural a través de la aplicación de diseños experimentales con unidades de dimensiones grandes (estanques) organismos (William *et al.*, 1998). Estos diseños de mesocosmos tienen la bondad de permitir corroborar algunas de las causas de las variaciones de abundancia poblacional, sin excluir el papel de la mayoría de los factores del ambiente bajo estudio. Las interpretaciones de dichos diseños son particularmente poderosas, mientras vayan acompañadas de observaciones correspondientes en el campo (Odum, 1984; William *et al.*, 1998).

Este método de estudio de las comunidades acuáticas tiene la ventaja de que en un sistema relativamente pequeño es posible controlar las variables ecológicas de la interacción entre especies, tales como la competencia, la depredación ó el parasitismo (Per-Olav, 2005; William *et al.*, 1998; Williams y Egge 1998). Bajo estas condiciones es también posible controlar los factores del medio que limitan o promueven el desempeño de los animales en el ecosistema, permitiendo establecer así la relación causal entre las interacciones ecológicas y el entorno ambiental que las rodea.

Los experimentos del mesocosmos jugaron un papel importante en décadas pasadas ayudando a incrementar la comprensión del funcionamiento de diversos ecosistemas marinos. Muchos estudios usaron diseños de mesocosmos para examinar la respuesta del ecosistema ante diversos factores, como a la adición nutrimental y la limitación de la luz (Odum, 1984; William *et al.*, 1998;). Los experimentos de mesocosmos han permitido establecer los posibles efectos de las perturbaciones del cultivo de peces sobre la calidad del ambiente estuarino litoral sin correr los riesgos que significaría realizar estos ensayos en condiciones naturales (Lehtinen *et al.*, 1998). También los experimentos de mesocosmos han sido utilizados con el fin de conocer la relación entre los ciclos de nutrientes y el cultivo de organismos acuáticos, así como los problemas asociados con las comunidades del fitoplancton (William *et al.*, 1998). Se ha demostrado ampliamente su utilidad para el estudio de ambientes planctónicos, por la similitud que demuestran éstos, con el océano, así como

para estudiar el impacto ambiental en ecosistemas marinos (Mathew, 2001; William *et al.* 1998).

En realidad han existido pocos los trabajos publicados que demuestren el éxito de los experimentos del mesocosmos (Mathew, 2001), principalmente por que los resultados obtenidos se explican a partir de modelos muy complejos de difícil obtención. Dada la ausencia de control de muchos de los factores, frecuentemente no se obtiene una respuesta clara de las variables experimentales que se están manipulando (Mathew, 2001). Es, por tanto, imprescindible contar *a priori* con diseños experimentales que contengan todos los controles necesarios para evitar la confusión interpretativa, los niveles adecuados de replicación, y una reflexión profunda sobre las hipótesis a probar en cada caso.

3. Objetivos e Hipótesis

3.1.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo consistió en evaluar, por medio de experimentos de mesocosmos, el efecto de la presencia de una especie no nativa de camarón blanco del Pacífico, *L. vannamei*, sobre la tasa de crecimiento y la sobrevivencia de la especie nativa del camarón blanco del Golfo de México, *L. setiferus*.

3.1.2 Objetivos particulares

a. Evaluar el efecto de la presencia de *L. vannamei* sobre la tasa de crecimiento y la sobrevivencia de *L. setiferus*.

b. Evaluar el efecto de la presencia de *L. vannamei* sobre la tasa de crecimiento y la sobrevivencia de *L. setiferus* considerando la interacción depredador-presa entre *C. sapidus* y *L. setiferus*.

c. Comparar las tasas de crecimiento de *L. setiferus* y *L. vannamei* bajo diferentes condiciones experimentales de mesocosmos.

d. Identificar indicadores bioquímicos de la condición de estrés nutricional de los organismos, que se correspondan con las variaciones en las tasas de crecimiento y/o la sobrevivencia.

3.2 Hipótesis

- a. Dado que *L. setiferus* y *L. vannamei* son especies ecológicamente similares, se espera que la presencia de *L. vannamei* tenga un efecto negativo sobre la tasa de crecimiento y la sobrevivencia de *L. setiferus*,

tanto cuando se encuentra sólo, como cuando se considera la interacción depredador-presa entre *C. sapidus* y *L. setiferus*.

- b. Dado que bajo condiciones estrictamente controladas la tasa de crecimiento de *L. vannamei* es 2 o 3 veces mayor que en *L. setiferus*, se espera que bajo distintas condiciones experimentales de mesocosmos dichas proporciones de crecimiento se conserven.
- c. Si las diferencias en las tasa de crecimiento y sobrevivencia observadas son el resultado de una condición de estrés nutricional, entonces los indicadores bioquímicos de dicha condición se corresponderán con las diferencias en crecimiento y/o sobrevivencia.

4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1 Construcción y habilitación de estanques de mesocosmos.

Se construyeron 12 estanques experimentales circulares de 5 m de diámetro, 0.85 m de altura, y una capacidad de 18, 000 litros a partir de una pared de fibra de vidrio con una geomembrana recubriendo el interior (Figura 1). En todos ellos se colocaron 5 cm de sustrato arenoso, previamente lavado con agua de mar durante dos días, para crear condiciones similares a las condiciones estuarinas. Los estanques contaban con una estructura de PVC (1.5 in) en cruz y malla obscura de 75% (dejaba entrar 25 luxes), que sirvió para controlar tanto los cambios bruscos de temperatura durante las horas de luz, como el crecimiento de excesivo de algas. Asimismo, dicha estructura sirvió como soporte del sistema de aireación y para impedir la depredación por aves.



Figura 1. Imagen de estanques experimentales de mesocosmos con estructuras de PVC y malla sombra para disminuir la incidencia de luz.

El suministro permanente de agua y aire a los estanques se obtuvo mediante una bomba Magnum de 2 HP y un soplador Baldor de 1.5 HP, respectivamente. Todos los estanques, a su vez, estaban conectados al desagüe mediante un orificio central con un tubo de PVC (4 in) de 65 cm de altura colocado en el

interior de otro tubo (PVC 6 in) y 70 cm de altura, cuya función era la de mantener estable la altura de la columna de agua.

El sistema de aireación ("air lift") consistió en dos anillos concéntricos, uno de PVC (1 in) a lo largo del perímetro interno del estanque, conectado al suministro de aire; y un segundo anillo central de manguera de plástico de 40 cm de diámetro, conectado al sistema de desagüe en el centro del estanque. Todos los anillos contaban con 4 tubos de PVC (3 in) perpendiculares colocados en posiciones equidistantes entre si (Figura 2), sobre los cuales se colocaron codos de PVC (3 in) orientados en una misma dirección, los anillos perimetrales y en dirección opuesta, los centrales. Este sistema permitió que se generara una corriente circular unidireccional que abarcaba toda la columna de agua, y que concentraba la materia sólida suspendida en el área central del estanque (Figura 2). Al contar el desagüe con dos tubos y un pequeño espacio (2 in) entre ellos, se creó un efecto de sifón que permitió extraer permanentemente el agua excedente y la materia sólida suspendida concentrada en el centro del estanque.

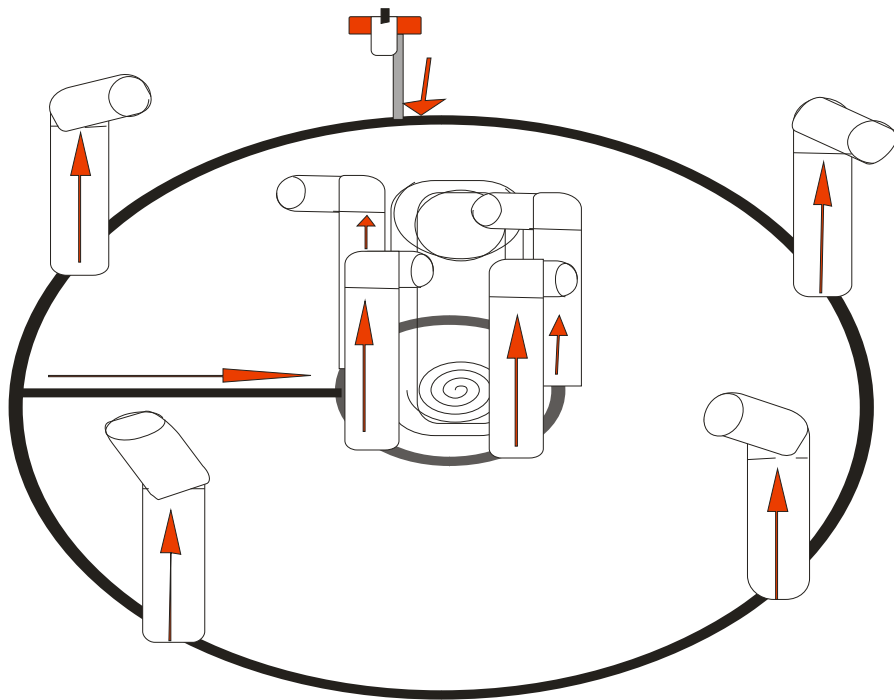


Figura 2. Sistema de aireación ("air lift") de los estanques experimentales en el que el aire corre a lo largo de dos anillos (uno perimetral y uno central) y sale por los tubos perpendiculares, generando una corriente de agua unidireccional que abarca toda la columna de agua. Las flechas indican el tránsito de aire dentro del sistema.

Una vez que los estanques estaban contruidos, en el caso del experimento preliminar se habilitaron con agua de mar, dejándolos durante 24 hrs antes de introducir los organismos experimentales. Para el experimento 1 los 4 estanques utilizados en el experimento preliminar se limpiaron, y se habilitaron otros 4 estanques, dejándolos durante 72 hrs antes de introducir los organismos experimentales. Finalmente, para el experimento 2, se limpiaron perfectamente los 8 estanques utilizados anteriormente y los 4 restantes se habilitaron, dejándolos con agua de mar durante 1 semana antes de introducir los organismos experimentales. Durante estos periodos de tiempo, en todos los estanques sin excepción crecieron macroalgas y una serie de organismos asociados a ellas. Estos no fueron identificados, cuantificados o descritos en ningún caso; pero, junto con las características y organismos del agua y del sustrato, conformaron las condiciones bióticas y abióticas variables del diseño de mesocosmos

4.2 Origen y mantenimiento de los organismos experimentales.

Ejemplares vivos de *L. vannamei* fueron obtenidos de Industrias Pecis, S.A. de C.V y los *L. setiferus* fueron obtenidos en la salida realizada del 25 al 28 de octubre del 2005 en Laguna de Términos, Ciudad del Carmen, Campeche, a partir de arrastres con una red de prueba camaronesa. Los camarones entre 7-13 cm de largo total (LT: distancia máxima entre extremo del rostro y el del telson; (Tabla 1)) de ambas especies fueron seleccionados y transportados a la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación en Sisal, Yucatán, en bolsas plásticas con oxígeno. Dichas bolsas fueron colocadas en hielo para mantenerlos a temperatura baja. Una vez en el laboratorio, camarones de cada especie se mantuvieron por separado en estanques de 18,000 litros hasta que ser utilizados en los diferentes experimentos, el periodo de mantenimiento para *L. setiferus* fue entre dos semanas y dos meses y medio. Para el caso de *L.*

vannamei, los organismos utilizados se mantuvieron en un estanque de 18,000 litros con un mínimo de un mes y un máximo de cuatro meses.

Durante el mantenimiento, los organismos *L. setiferus* y *L. vannamei* fueron alimentados con el 10% de la biomasa total de cada estanque, dividida en dos porciones diarias (8:00 y 18:00 hrs), con alimento de mantenimiento para camarón Malta Clayton 35% de proteína.

Los estanques donde se encontraban los *L. setiferus* tuvieron el mismo sistema de aireación (“air lift”) y recambio (constante) de agua manejado en los sistemas experimentales. Se registró la salinidad, temperatura y concentración de oxígeno diariamente, manteniendo éstos parámetros en los valores promedio que se indican en las (Figuras 3, 8,14).

Los estanques donde se encontraban los organismos *L. vannamei* tuvieron un sistema de aireación “air lift” similar al explicado con anterioridad, solo que contaron con 8 tubos periféricos. El recambio en este caso fue de 10% semanal, y se registraron los parámetros ambientales de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto 2 veces al día (8:00 y 17:00 hrs). La salinidad, temperatura y concentración de oxígeno disuelto se mantuvieron en los valores promedio que se indican en las (Figuras 3, 8,14).

Las jaibas *C. sapidus* fueron obtenidas de colectas realizadas en diversas zonas del estuario y zonas cercanas a la costa de Sisal, Yucatán. Los organismos fueron colectados por medio de la colocación de jaulas con carnada durante la tarde y levantadas en la madrugada del siguiente día. Una vez colectadas, las jaibas fueron mantenidas con un mínimo de 3 días y un máximo de 1.5 semanas, en tinas de 400 litros, alimentadas 1 vez al día con camarón refrigerado. Para el experimento preliminar se utilizaron individuos de 12 ± 2 cm y para el experimento 2 de 14 ± 3 cm de ancho de cefalotórax (distancia máxima entre las espinas distales del cefalotórax).

4.3 Diseño experimental

Se realizaron un total de 3 experimentos con diferentes objetivos, tratamientos, réplicas, periodos de muestreo y duración (Tabla 1), aunque los procedimientos generales fueron similares en todos ellos.

Tabla 1. Objetivos y condiciones particulares en las que se desarrollaron los experimentos: preliminar, 1 y 2 del presente trabajo.

Experimento	Objetivos	Tratamientos	Replicas por (estanques)	Periodo de muestreo	Duración (días)	Talla (cm) y peso (g) inicial de camarones (media \pm de)
Preliminar	Definir la densidad de los organismos experimentales, la duración del experimento, periodos de muestreo, alimentación, etc. en los experimentos subsecuentes.	I: Ls II: Ls + Cs	2	Mensual	28 **	Ls: 8.6 \pm 7.1 cm; 9.6 \pm 4.9 g
Experimento 1	Evaluar el efecto de la presencia de Lv sobre la tasa de crecimiento y la sobrevivencia de Ls.	I: Ls II: Ls + Lv	4	Quincenal (2 ^a y 3 ^a semanas)	21	Ls: 11.3 \pm 9.0 cm; 11.8 \pm 4.6 g Lv: 10.0 \pm 8.8 cm; 8.6 \pm 4.5 g
Experimento 2	Evaluar el efecto de la presencia de Lv sobre la tasa de crecimiento y la sobrevivencia de Ls considerando la interacción depredador-presa entre Cs y Ls.	I: Ls II: Ls + Cs III: Ls + Lv IV: Ls + Lv +Cs	3	Quincenal	42	Ls: 12.1 \pm 8.5 cm; 17.0 \pm 4.2 g Lv: 9.7 \pm 8 cm; 6.3 \pm 3.5 g

Símbolos: Ls: *Litopenaeus setiferus* , Lv: *L. itopenaeus vannamei*, Cs: *Callinectes sápidus*.

** Se decidió adelantar el muestreo correspondiente a la 4^{ta} semana por la entrada del huracán Wilma, 21 al 24 de octubre.

Nota: Sólo durante el experimento 2 se utilizaron las estructuras de malla obscura en los estanques.

Al inicio de cada experimento, los camarones de ambas especies eran extraídos de los estanques de mantenimiento con una red de cuchara, medidos de Largo Total (LT cm) con una regla ($\pm .5\text{mm}$) y pesados en su Peso Húmedo (PH g) con una balanza granataria ($\pm 0.5\text{g}$), y asignados, mediante un procedimiento estrictamente al azar, a cada uno de los tratamientos, réplicas y días de muestreo. Con la finalidad de identificar individualmente a cada camarón, se utilizaron marcas de elastómeros fluorescente (VIE) de tres colores (naranja, rosa y verde) implantadas en el lado izquierdo o derecho de alguno de los primeros 6 segmentos abdominales. Para ello se utilizó una jeringa hipodérmica de 3 ml con aguja de 21 G (calibre o grueso) x 32 mm. A partir de las diferentes combinaciones de color y posición de los elastómeros se consiguió un número suficiente de marcas individuales.

Posteriormente, los camarones eran colocados en los estanques experimentales en un número total de individuos nunca > 20 , con la finalidad de simular las condiciones de densidad de éstos en las zonas estuarinas, correspondiente a 5 camarones por metro cuadrado (Brusher *et al.*, 1972; Gunter, 1950; Minello y Zimmerman, 1991). En aquellos casos en los que un tratamiento contemplaba la inclusión de *C. sapidus*, 2 (Experimento Preliminar) y 4 jaibas (Experimento 2) de 10 cm. \pm 15 cm. de ancho de cefalotórax (distancia máxima entre las espinas distales del cefalotórax) fueron colocadas simultáneamente.

Los muestreos consistieron en bajar el nivel del agua de cada estanque aproximadamente a 30 cm, y capturar los camarones con una red de cuchara. Para asegurar que todos los individuos eran capturados, se sumergía cuidadosamente la mano en el sustrato buscando aquéllos que estaban enterrados. Asimismo, en los tratamientos con jaibas, éstas fueron localizadas, aunque nunca extraídas durante los muestreos. Los camarones capturados eran colocados en una caja plástica con agua del mismo estanque, identificados, y su LT y PH registrado. Finalmente, los camarones eran colocados de nuevo en cada estanque, y el nivel del agua restablecido.

Se registraron la temperatura ($\pm 0.05^{\circ}\text{C}$), salinidad ($\pm .5\text{‰}$) y oxígeno disuelto ($\pm 0.005 \text{ mg/ml}$) dos veces al día a lo largo de todos los experimentos: 7:00 y 18:00 hrs para los experimentos preliminar y 1, y 7:00 y 17:00 hrs para el experimento 2. En los casos en los que la salinidad superaba las 39 ‰, se introducía agua dulce en el recambio permanente de agua con la finalidad de que los organismos se mantuvieran en salinidades nunca por arriba de éste límite.

Considerando que la biota que se desarrolló en el interior de los estanques constituía una fuente de alimento, se adicionó pellet comercial de mantenimiento para camarón (Mallta Clayton, con un porcentaje de 40% de proteína) a razón del 6% de la biomasa total de cada estanque en tres dosis iguales diarias (7:00, 14:30 y 21:00 hrs). Dado que la alimentación de los manuales de cultivo de camarón recomienda que éstos sean alimentados con el 10% total de la biomasa diaria (Darryl, 2001) y que no se conocen cifras sobre la cantidad total de alimento disponible para camarones en las zonas estuarinas (o éste es muy variable), se consideró disminuir el alimento pelletizado al 6% con la finalidad de reducir este recurso en los estanques, y promover las interacciones de competencia.

Al finalizar cada experimento, se llevó a cabo el muestreo final, que consistía en capturar todos los camarones sobrevivientes en cada estanque, identificarlos, medirlos (LT) y pesarlos (PH), y transportarlos al laboratorio para llevar a cabo el análisis del indicador bioquímico de la condición de estrés nutricional (glucógeno del hepatopáncreas). Al finalizar el experimento 2, éste muestreo se hizo *in situ*, en el área de estanques.

4.4 Pruebas fisiológicas (glucógeno en hepatopáncreas)

La identificación de los posibles indicadores bioquímicos de la condición nutricional y de estrés de los camarones se llevó a cabo con los organismos provenientes de los distintos experimentos a partir del último de los muestreos correspondientes. Los camarones se mantuvieron en ayuno durante 12 hrs

antes del muestreo, para evitar la interferencia del alimento en los niveles de concentración de glucógeno (Rosas *et al.*, 2001), y se limitó al mínimo su manipulación para evitar en lo posible el estrés. Los organismos capturados se introdujeron en hieleras, las cuales se llenaron hasta la mitad con agua del estanque, y se les redujo en 5°C la temperatura con recipientes llenos de hielo.

Para medir el glucógeno, se extrajo la glándula digestiva (hepatopáncreas) y registró su peso en una balanza analítica (± 0.005 g). Se obtuvo una porción de hepatopáncreas (peso húmedo de 0.02 – 0.06 g) y se registró el peso exacto de la muestra. Se colocó la muestra en un tubo Eppendorf de 1.5 ml, al cual se le habían añadido previamente 200 μ l de tricloroacético (TCA) al 5%. La mezcla era homogenizada y centrifugada a 7000 rpm por 6 minutos.

Se tomaron 100 μ l del sobrenadante y se colocaron en un tubo Eppendorf con 500 μ l de etanol al (95%), y se mezcló el contenido con la ayuda de la micropipeta. Las muestras fueron luego incubadas a 37° C por tres hrs. Posteriormente, se centrifugaron a 7000 rpm durante 15m min, se desechó el sobrenadante, y se dejó escurrir unos minutos en forma invertida sobre papel absorbente. Al remanente se le adicionaron 200 μ l de fenol (5%) y 1 ml de ácido sulfúrico, agitando bien el tubo Eppendorf. Se dispensaron 200 μ l por muestra (incluyendo el blanco y el estándar) en una micro placa del lector de ELISA, usando tres repeticiones por muestra blanco y estándar. Se leyó la absorbancia en un lector de ELISA A 400 nm. El blanco se preparó con 200 μ l de fenol al 5% y 1 ml de ácido sulfúrico. El estándar se preparó con 10 μ l del estándar comercial de glucosa, 200 μ l de fenol al 5% y 1 ml de ácido sulfúrico. Tanto el blanco como en el estándar se prepararon en el mismo momento que las muestras.

4.5 Análisis estadístico.

Para conocer la variación de la temperatura y salinidad registradas durante cada experimento, se calculó la media, el intervalo máximo (rango) y el coeficiente de variación por tratamiento en las mañanas y en las tardes (n = 2,

4, y 3 para los experimentos preliminar, 1 y 2, respectivamente). También se calcularon estos parámetros para el total de los estanques en cada experimento (n = 4, 8 y 12 para los experimentos preliminar, 1 y 2, respectivamente).

Para cada experimento, la sobrevivencia final (S_f %) de camarones de ambas especies fue calculada como:

$$S_f = \frac{N_f}{N_i} \times 100$$

Donde N_f es el número total de camarones de cada especie al final del experimento y $N_i = 20$. La S_f de *L. setiferus* entre tratamientos fue comparada mediante pruebas de t-Student para muestras independientes en el experimento preliminar, y mediante un ANOVA de una vía en los experimentos 1 y 2. Los datos fueron transformados (transformación angular) y se corroboró la homogeneidad de las varianzas (Cochran) previo al análisis. En los experimentos 1 y 2, la S_f de *L. setiferus* y *L. vannamei* de los diferentes tratamientos también fueron comparadas usando las mismas pruebas. La sobrevivencia en el tiempo (S_{tiempo} %) de ambas especies en los tres experimentos fue analizada sólo gráficamente, ya que no existe independencia en el número de camarones sobrevivientes entre los diferentes periodos de muestreo.

Con la finalidad de comparar el crecimiento en talla y peso entre *L. setiferus* de los diferentes tratamientos, se aplicó un ANCOVAR utilizando la talla y peso iniciales (respectivamente) como covariables. De esta manera, se compararon las pendientes y ordenadas al origen de las regresiones que representan el crecimiento proporcional en talla y peso a lo largo del intervalo de tallas y pesos iniciales observados. La forma general de dichas regresiones es:

$$T_f = b + mT_i$$

$$W_f = b + mW_i$$

Donde T_f y W_f son la talla y peso final; T_i y W_i son la talla y peso inicial; m es la pendiente y b es la ordenada al origen de cada regresión. Dicho análisis tuvo como base la siguiente hipótesis experimental: cumpliéndose la homogeneidad de las varianzas y de las pendientes entre tratamientos, si las ordenadas al origen difieren, entonces el efecto del tratamiento es tal que para tallas (y/o pesos) iniciales similares, los camarones alcanzan tallas (y/o pesos) finales diferentes. Dado que la duración fue similar para los distintos tratamientos de cada experimento, entonces se podría decir que existen diferencias en la tasa de crecimiento en talla y/o peso entre individuos provenientes de diferentes tratamientos. Para comparar el crecimiento en talla y peso entre *L. setiferus* y *L. vannamei* de los diferentes tratamientos se aplicó el mismo tipo de análisis.

Previo al ANCOVAR y para asegurar un diseño balanceado (n iguales), se seleccionaron al azar los individuos del total de estanques en cada tratamiento. El número de individuos seleccionado varió dependiendo del tratamiento con el número mas bajo de sobrevivientes en cada experimento. Asimismo, se aplicaron pruebas de Cochran para asegurar la homogeneidad de las varianzas entre tratamientos.

En los casos en los que no se detectaron diferencias significativas entre las ordenadas al origen, se calcularon las ecuaciones de la regresión (valores de b y m) del conjunto de los datos. En aquellos casos donde las ordenadas al origen si difirieron, se realizaron comparaciones pareadas (Tukey) para determinar los grupos de tratamientos cuyas ordenadas al origen eran similares. Posteriormente, se calcularon los valores de b y m de las regresiones de cada uno de los grupos de tratamientos, y se aplicaron pruebas de t de Student (de una muestra) para corroborar si las pendientes eran diferentes de 1 (es decir, si el crecimiento era proporcionalmente diferente a lo largo del intervalos de tallas y/o pesos iniciales observados).

Al igual que para la sobrevivencia, el crecimiento en talla y peso con respecto al tiempo únicamente fue analizado gráficamente, ya que no existe

independencia en la talla y el peso de los camarones entre los diferentes periodos de muestreo.

El glucógeno del hepatopáncreas de los camarones de ambas especies provenientes de los distintos tratamientos fue comparado mediante pruebas de t -Student (experimento preliminar) y ANOVA de una vía (experimentos 1 y 2). En aquellos casos donde se detectaron diferencias significativas, se aplicaron contrastes entre pares de medias especificados *a priori*. Dado que la n de los distintos tratamientos no eran iguales, previo al análisis se aseguró la homogeneidad de varianzas mediante pruebas de Bartlett.

5. RESULTADOS

5.1. Experimento Preliminar

5.1.1 Factores físico-químicos del agua. (Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto)

Durante el experimento preliminar la temperatura media de todos los estanques en los registros realizados por la mañana fue de $25.7 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ (coeficiente de variación (C_{var}) = 7.0%; intervalo (Int) = 20 - 28°C), mientras que aquella registrada en la tarde fue de $28.5 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ (C_{var} = 5.9%; Int: 23.8 - 30.8°C). La salinidad presentó una media general en los registros de la mañana de $38.5 \pm 1.2 \text{‰}$ (C_{var} = 3.2%; Int = 36 – 40 ‰) y en aquellos de la tarde de $38.2 \pm 1.2 \text{‰}$ (C_{var} = 3.2%; Int = 35 – 40 ‰). El oxígeno disuelto presentó una media general en la mañana de $7.11 \pm 1.47 \text{ mg/l}$ (C_{var} = 20.7%; Int = 3 - 9.26 mg/l), y en la tarde de $7.69 \pm 1.96 \text{ mg/l}$ (C_{var} = 25.5%; Int = 3 - 11.5mg/l). De manera general, la temperatura fue el factor que más diferencias presentó entre el registro efectuado en la mañana y aquel de la tarde.

Las variaciones en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a lo largo del tiempo fueron similares para ambos tratamientos, tanto en los registros matutinos como en los vespertinos (Figura 3).

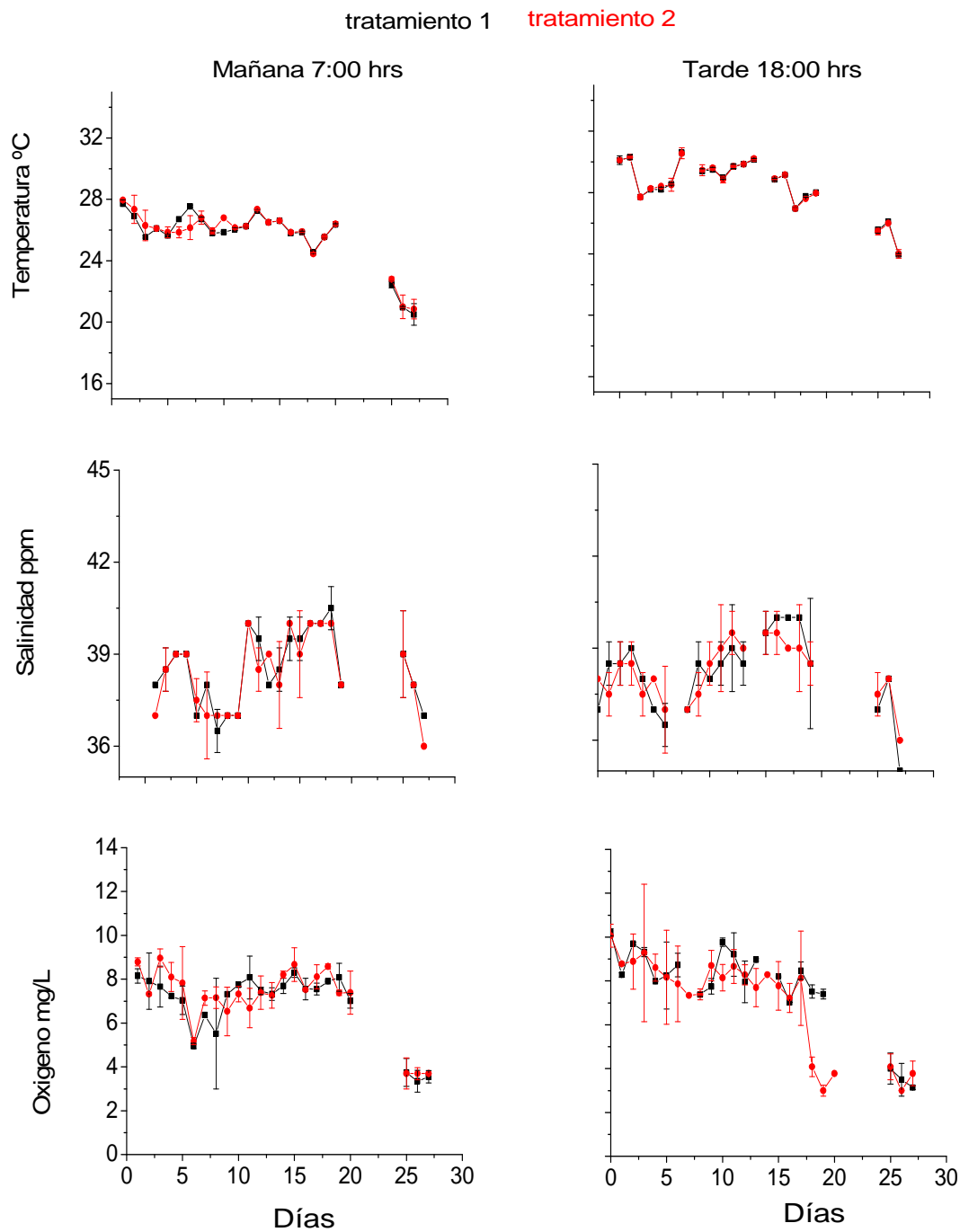


Figura 3. Variación en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua de los estanques registrado a las 7:00 y 18:00 hrs durante el Experimento preliminar (28 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*). Los valores son medias \pm de (n=2). Días sin valores representan días donde los factores no fueron registrados.

5.1.2 Sobrevivencia

La sobrevivencia final de *L. setiferus* fue estadísticamente similar en ambos tratamientos ($t = -1.0$; $p = 0.423$). Sin embargo, el análisis gráfico de la sobrevivencia en el tiempo sugiere que los *L. setiferus* que se encontraban en ausencia de las jaibas murieron más rápidamente que aquellos en presencia de *C. sapidus* (Figura 4).

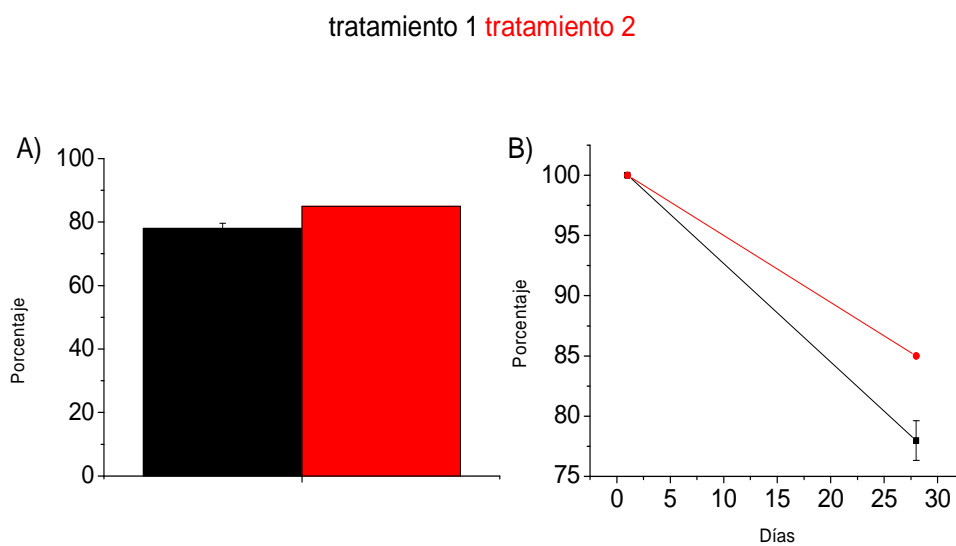


Figura 4. Sobrevivencia (%) final (A) y a lo largo del tiempo (B) de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento Preliminar. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*). Los valores son medias \pm de ($n = 2$) de datos transformados (transformación angular).

5.1.3 Crecimiento

El ANCOVAR mostró que no hay diferencias significativas en las pendientes ni en las ordenadas al origen en la relación talla final vs talla inicial de *L. setiferus* provenientes de los dos tratamientos (Tabla 2.1; Figura 5). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de todos los tratamientos crecieron en talla de la misma manera (pendientes iguales). Como dicha pendiente es significativamente <1 (Tabla 2.2), entonces podemos decir que *L. setiferus* de tallas iniciales mayores de ambos tratamientos crecieron proporcionalmente

menos que los camarones de tallas iniciales menores provenientes de ambos tratamientos. Asimismo, para tallas iniciales iguales, camarones de ambos tratamientos adquirieron tallas finales similares (ordenadas al origen iguales). Dado que la duración del experimento fue similar para ambos tratamientos (28 días), tanto *L. setiferus* sólo como *L. setiferus* en presencia de *C. sapidus* crecieron en talla a la misma velocidad con respecto al tiempo (Figura 6).

Tabla 2.1. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento Preliminar. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*); n = 31; ns: no significativo.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.573	2;29	> 0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	0.008	1;58	0.93 ns
Prueba de interceptos	0.197	1;59	0.66 ns

Tabla 2.2. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre talla final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento Preliminar. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*); n = 62; **p < 0.01; ***p < 0.001.

	MS	F	p
Modelo	3.058	21.713	< 0.001 ***
Residual	0.141		
	$r^2 = 0.265721$		
Coefficientes	es	-95	+95
b = 4.67	1.060	2.55	6.79
m = 0.61	0.130	0.35	0.87
Prueba de t para $H_0: m = 1$			
	t	P	gl
	3.026	** < 0.01	60

El ANCOVAR mostró que tampoco hubo diferencias en las pendientes ni ordenadas al origen en la relación peso final vs peso inicial de los camarones de ambos tratamientos (Tabla 2.3; Figura 5). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de ambos tratamientos crecieron en peso de la misma manera (pendientes iguales). Como dicha pendiente es igual 1 (Tabla 2.4), entonces podemos decir, que *L. setiferus* de ambos tratamientos crecieron

proporcionalmente igual a lo largo de todo el intervalo de pesos iniciales. Asimismo, para pesos iniciales iguales, camarones de ambos tratamientos adquirieron pesos finales similares (ordenadas al origen iguales). Dado que la duración del experimento fue similar para ambos tratamientos (28 días), tanto *L. setiferus* sólo como *L. setiferus* en presencia de *C. sapidus* crecieron en peso a la misma velocidad con respecto al tiempo (Figura 6).

Tabla 2.3. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre el peso final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento Preliminar. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*); n = 31; ns: no significativo.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.646	2;29	>0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	0.176	1;58	0.68 ns
Prueba de interceptos	0.312	1;59	0.58 ns

Tabla 2.4. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre peso final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento Preliminar. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*); n = 62; ns: no significativo; ***p<0.001.

	MS	F	p
Modelo	41.060	76.873	***<0.001
Residual	0.534		
	$r^2 = 0.561639$		
Coefficientes	es	-95	+95
b = 2.540	0.690	1.159	3.921
m= 0.830	0.095	0.641	1.020
Prueba de t para $H_0: m = 1$			
	t	P	Gl
	1.798	0.08 ns	60

tratamiento 1 tratamiento 2

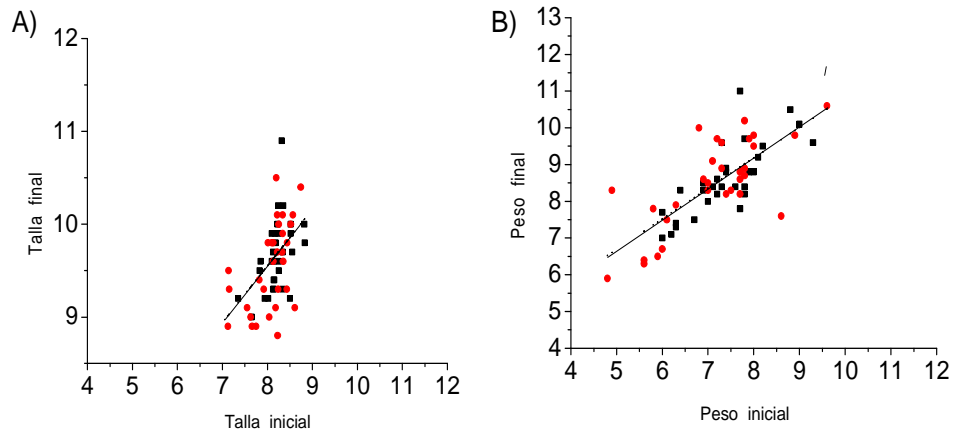


Figura 5. Relación entre la talla (cm) (A) y peso (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento preliminar (28 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*) puntos negros, Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*) puntos rojos. Las líneas sólidas indican los valores de talla y peso finales calculados a partir de las ecuaciones de regresión ; n = 80.

tratamiento 1 tratamiento 2

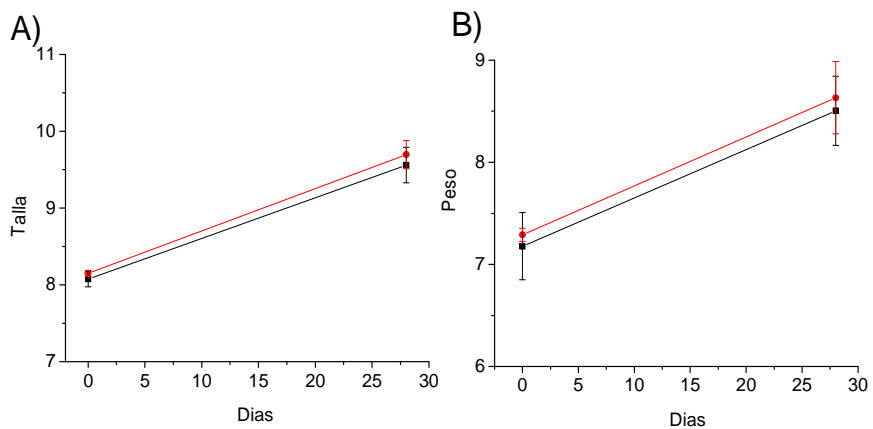


Figura 6. Incremento en talla (cm) (A) y peso (g) (B) de *Litopenaeus setiferus* con respecto al tiempo durante el Experimento preliminar. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*) n =31, Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*) n =34.

5.1.4 Glucógeno

No se encontraron diferencias significativas en el glucógeno del hepatopáncreas de *L. setiferus* de ambos tratamientos ($t = 0.506$; $p = 0.62$; $n (T1) = 12$ y $n (T2) = 16$) (Figura 7).

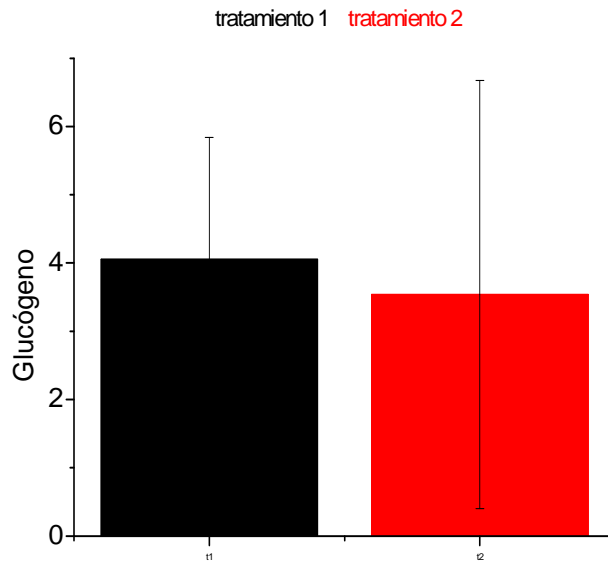


Figura 7. Glucógeno (mg/ml) en hepatopáncreas de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento Preliminar Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*). Los valores son medias \pm de; $n (T1) = 12$, $n (T2) = 16$.

5.2 Experimento 1

5.2.1 Factores físico-químicos del agua (Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto)

Durante el experimento 1 la temperatura media de todos los estanques en los registros realizados por la mañana fue de $23.9 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$ ($C_{\text{var}} = 9.5\%$; Int = $20.0 - 28.6^{\circ}\text{C}$), mientras que aquella registrada en la tarde fue de $26.9 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ ($C_{\text{var}} = 6.6\%$; Int: $22.9 - 29.8^{\circ}\text{C}$).

La salinidad presentó una media general en los registros de la mañana de $39.3 \pm 1.0 \text{‰}$ ($C_{\text{var}} = 2.4\%$; Int = $36 - 41 \text{‰}$) y en aquellos de la tarde de $39.2 \pm 0.9 \text{‰}$ ($C_{\text{var}} = 2.3\%$; Int = $35 - 41 \text{‰}$).

El oxígeno disuelto presentó una media general en la mañana de $7.11 \pm 2.14 \text{ mg/l}$ ($C_{\text{var}} = 30.0\%$; Int = $3.95 - 14 \text{ mg/l}$), y en la tarde de $7.69 \pm 2.16 \text{ mg/l}$ ($C_{\text{var}} = 28.0\%$; Int = $4.98 - 13.4 \text{ mg/l}$). De manera general, en este experimento también la temperatura fue el factor que más diferencias presentó entre el registro efectuado en la mañana y aquel de la tarde.

Las variaciones en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a lo largo del tiempo fueron similares para ambos tratamientos, tanto en los registros matutinos como en los vespertinos (Figura 8).

tratamiento 1 tratamiento 2

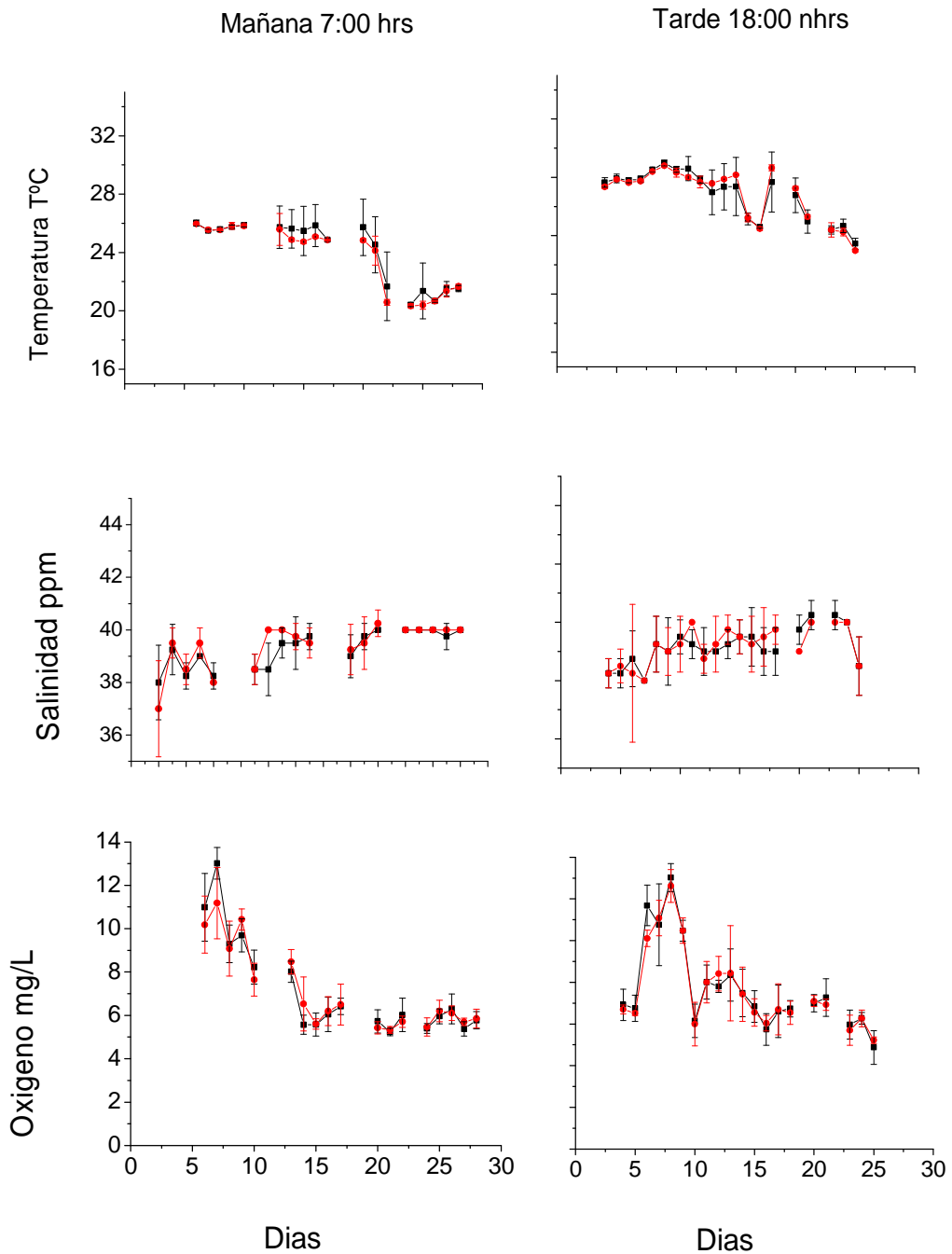


Figura 8. Variación en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua de los estanques registrado a las 7:00 y 18:00 hrs durante el Experimento 1 (21 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*). Los valores son medias \pm de (n = 4). Días sin valores representan días donde los factores no fueron registrados.

5.2.2 Supervivencia

Una vez habiendo comprobado la homogeneidad de varianzas entre tratamientos (Cochran, $C = 0.3830$; $p > 0.05$), el ANOVA mostr3 que no hubo diferencias ($F = 0.69$; $p = 0.53$) en la supervivencia final de *L. setiferus* provenientes de los dos tratamientos, as3 como tampoco entre *L. setiferus* y *L. vannamei*, concluy3ndose que la supervivencia de los camarones de ambas especies fue similar en todos los tratamientos (Figura 9A).

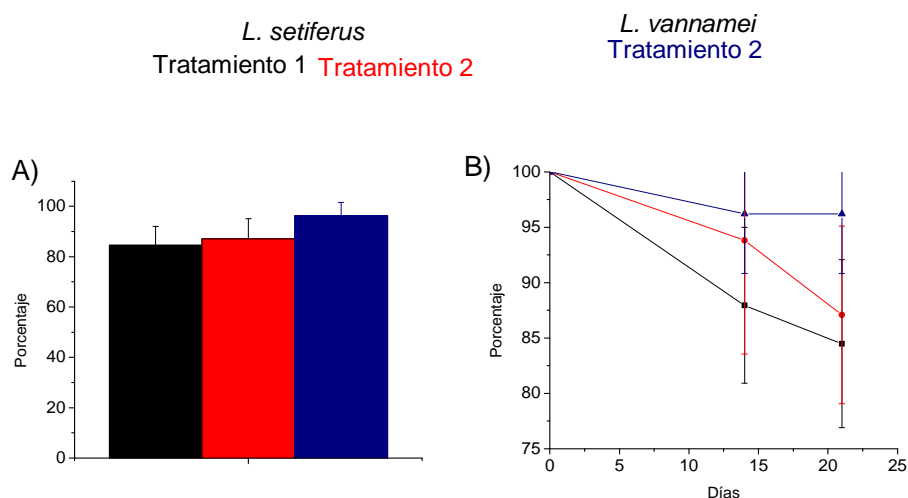


Figura 9. Supervivencia (%) final (A) y a lo largo del tiempo (B) de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*). Los valores son medias \pm de ($n = 4$) de datos transformados (transformaci3n angular).

Por su parte, el an3lisis gr3fico de la supervivencia en el tiempo sugiere que *L. setiferus*, tanto s3lo como en presencia de *L. vannamei*, murieron en tasas similares a lo largo del experimento. *Litopenaeus vannamei*, por el contrario, mostr3 alguna mortalidad en los primeros 15 d3as, pero mantuvo su supervivencia constante durante la 3ltima semana del experimento (Figura 9B).

5.2.3 Crecimiento

El ANCOVAR mostró que no hay diferencias en las pendientes ni en las ordenadas al origen en la relación talla final vs talla inicial de *L. setiferus* provenientes de los dos tratamientos (Tabla 3.1; Figura 10A). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de ambos los tratamientos crecieron en talla de la misma manera (pendientes iguales). Como dicha pendiente es igual a 1 (Tabla 3.2), entonces podemos decir que *L. setiferus* de ambos tratamientos crecieron proporcionalmente igual a lo largo de todo el intervalo de tallas iniciales. Asimismo, para tallas iniciales iguales, camarones de ambos tratamientos adquirieron tallas finales similares (ordenadas al origen iguales). Dado que la duración del experimento fue similar para ambos tratamientos (21 días), tanto *L. setiferus* sólo como en presencia de *L. vannamei* crecieron en talla a la misma velocidad con respecto al tiempo (Figura 12A).

Tabla 3.1. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 33; ns: no significativo; *p<0.05; **p< 0.01; ***p<0.001.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.574	2; 31	>0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	1.656	1;62	0.20 ns
Prueba de interceptos	3.417	1; 63	0.07 ns

Tabla .3.2. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para H_0 : m = 1 de la relación entre talla final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento 1. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 66; ns: no significativo;***p<0.001.

	MS	F	p
Modelo	21.015	142.033	***<0.001.
Residual	0.148		
	$R^2 = 0.689370$		
Coefficientes	es	-95	+95
b = 1.631	0.733	0.167	3.095
m= 0.882	0.074	0.734	1.030
Prueba de t para H_0 : m =1			
	T	p	gl
	1.590	0.12 ns	64

El ANCOVAR mostró que tampoco hubo diferencias en las pendientes ni ordenadas al origen en la relación peso final vs peso inicial de los *L. setiferus* de ambos tratamientos (Tabla 3.3; Figura 10B). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de ambos tratamientos crecieron en peso de la misma manera (pendientes iguales). Como dicha pendiente es igual 1 (Tabla 3.4), entonces podemos decir que *L. setiferus* de ambos tratamientos crecieron proporcionalmente igual a lo largo de todo el intervalo de pesos iniciales. Asimismo, para pesos iniciales iguales, camarones de ambos tratamientos adquirieron pesos finales similares (ordenadas al origen iguales). Dado que la duración del experimento fue similar para ambos tratamientos (21 días), tanto *L. setiferus* sólo como en presencia de *L. vannamei* crecieron en peso a la misma velocidad con respecto al tiempo (Figura 12B).

Tabla 3.3. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre peso final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 33; ns: no significativo.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.520	2; 31	>0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	1.573	1;62	0.21 ns
Prueba de interceptos	0.508	1; 63	0.48 ns

Tabla 3.4. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre peso final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento 1. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 66; ns: no significativo; ***p<0.001.

	MS	F	p
Modelo	173.844	399.044	***<0.001
Residual	0.436		
	$R^2 = 0.861784$		
Coefficientes	es	-95	+95
b = 1.460	0.353	0.754	2.166
m= 0.913	0.046	0.822	1.005
Prueba de t para $H_0: m = 1$			
	T	p	gl
	1.898	0.06 ns	64

Al comparar el crecimiento en talla de *L. setiferus* contra el de *L. vannamei*, el ANCOVAR mostró que no hay diferencias entre las pendientes, pero si entre las ordenadas al origen en la relación talla final vs talla inicial de camarones de ambas especies (Tabla 3.5; Figura 11A). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de ambas especies crecieron en talla de la misma manera (pendientes iguales). Como dicha pendiente es igual a 1 (Tabla 3.6), entonces tanto *L. setiferus* como *L. vannamei* crecieron proporcionalmente igual a lo largo de todo el intervalo de tallas iniciales. Sin embargo, para tallas iniciales iguales, *L. vannamei* adquiere tallas finales mayores que *L. setiferus* (ordenadas al origen diferentes) (Figura 11). Dado que la duración del experimento fue similar para ambas especies (21 días), *L. vannamei* creció más rápido en talla que *L. setiferus* con respecto al tiempo (Figura 12A).

Tabla 3.5. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* y *L. vannamei* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 37; ns: no significativo; ***p<0.001.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.705	2; 35	>0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	0.475	1; 70	0.49 ns
Prueba de interceptos	107.259	1; 71	*** <0.001

Tabla 3.6. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre talla final e inicial *L. setiferus* y *L. vannamei* durante el Experimento 1. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso (n = 37). Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); ns: no significativo; ***p<0.001.

<i>L. setiferus</i> (T1)	MS	F	p
Modelo	10.181	70.543	***<0.001
Residual	0.144		
	$r^2 = 0.668$		
Coefficientes	es	-95	+95
b = 1.502	1.064	-0.659	3.663
m = 0.898	0.107	0.681	1.115
Prueba de t para $H_0: m = 1$			
	t	p	gl
	0.955	0.346 ns	35
<i>L. vannamei</i> (T2)	MS	F	p
Modelo	2.660	7.727	***<0.001
Residual	0.344		

	$r^2 = 0.181$		
Coefficientes	es	-95	+95
b =4.593	2.417	-0.314	9.501
m= 0.720	0.259	0.194	1.245
Prueba de t para $H_0: m = 1$			
	t	p	gl
	1.083	0.29 ns	35

Al comparar el crecimiento en peso de *L. setiferus* contra el de *L. vannamei*, el ANCOVAR mostró que no hay diferencias entre las pendientes, pero si entre las ordenadas al origen en la relación peso final vs peso inicial de camarones de ambas especies (Tabla 3.7; Figura 11B). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de ambas especies crecieron en peso de la misma manera (pendientes iguales). Como dicha pendiente es igual a 1 (Tabla 3.8), entonces podemos decir que tanto *L. setiferus* como *L. vannamei* crecen proporcionalmente igual a lo largo de todo el intervalo de pesos iniciales. Sin embargo, para pesos iniciales iguales, *L. vannamei* adquirió pesos finales mayores que *L. setiferus* (ordenadas al origen diferentes) (Figura 11). Dado que la duración del experimento fue similar para ambas especies (21 días), *L. vannamei* creció más rápido en peso que *L. setiferus* con respecto al tiempo (Figura 12B).

Tabla 3.7. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre peso final e inicial de *L. setiferus* y *L. vannamei* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 37; ns: no significativo; ***p<0.001.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.756	2; 35	>0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	0.000	1; 70	0.99 ns
Prueba de interceptos	131.997	1; 71	***<0.001

Tabla 3.8. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y Prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre peso final e inicial *L. setiferus* y *L. vannamei* durante el Experimento 1. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *L. vannamei*); n = 37; ns: no significativo;***p<0.001.

<i>L. setiferus</i> (T1)	MS	F	p
Modelo	116.409	192.204	***<0.001
Residual	0.606		
	$r^2 = 0.846$		
Coefficientes	Es	-95	+95
b =1.079	0.559	-0.055	2.214
m= 0.977	0.070	0.834	1.120
Prueba de t para $H_0: m = 1$			
	T	p	gl
	0.327	0.75 ns	35
<i>L. vannamei</i> (T2)	MS	F	p
Modelo	34.672	18.452	***<0.001
Residual	1.879		
	$r^2 = 0.345$		
Coefficientes	es	-95	+95
b =4.478	1.396	1.644	7.313
m= 0.977	0.228	0.515	1.439
Prueba de t para $H_0: m = 1$			
	t	p	gl
	0.100	0.92 ns	35

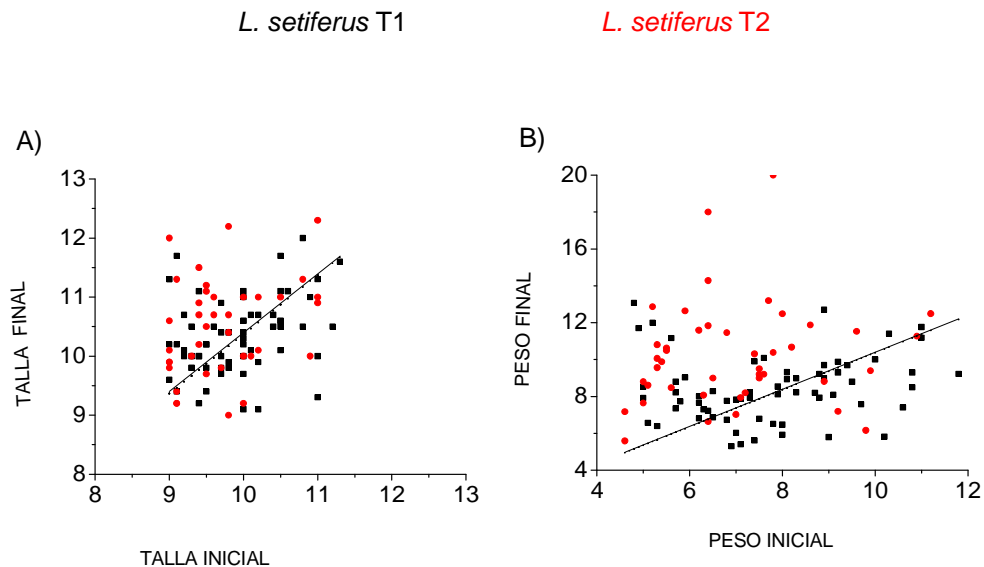


Figura 10. Relación entre las tallas (cm) (A) y pesos (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento 1 (21 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*) puntos negros, Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*) puntos rojos. Las líneas

sólidas indican los valores de talla y peso finales calculados a partir de las ecuaciones de regresión en cada caso; n = 120.

L. setiferus *L. vannamei*

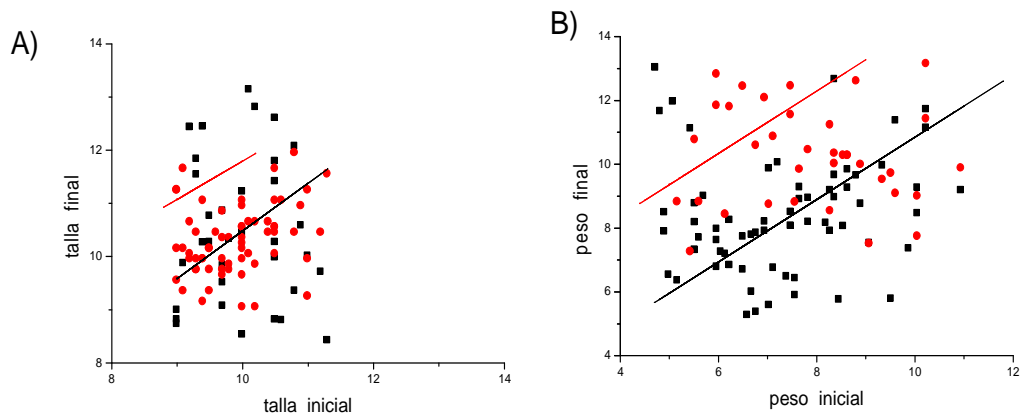


Figura 11. Relación entre las tallas (cm) (A) y pesos (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* durante el Experimento 1 (21 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*) puntos negros, Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*) puntos rojos. Las líneas sólidas indican los valores de talla y peso finales calculados a partir de las ecuaciones de regresión en cada caso; n = 40 (T2); n = 80 (T1).

L. setiferus
tratamiento 1 tratamiento 2 tratamiento2 *L. vannamei*

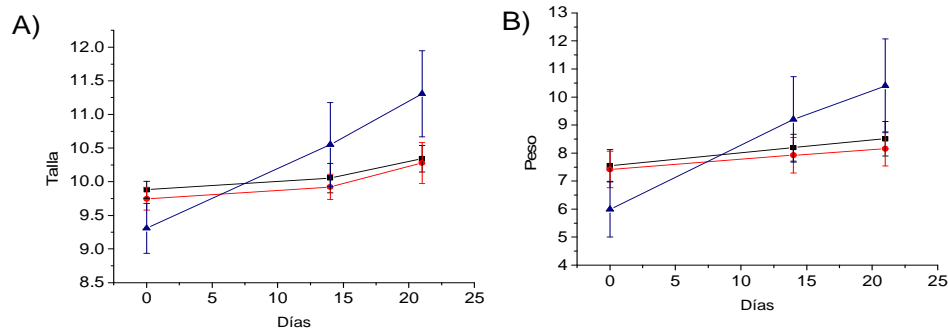


Figura 12. Incremento en talla (cm) (A) y peso (g) (B) de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* con respecto al tiempo durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*) n=64, (Tratamiento 2) *Litopenaeus setiferus* (n=33) + *Litopenaeus vannamei* (n=38).

5.2.4 Glucógeno

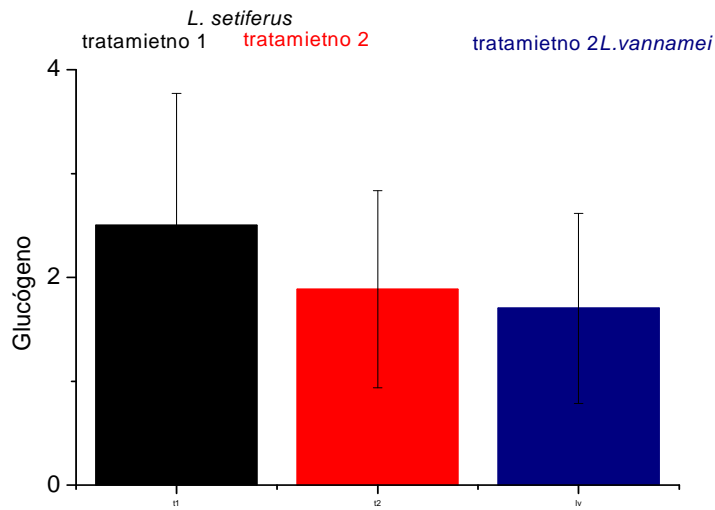


Figura 13. Glucógeno (mg/ml) en hepatopáncreas de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* durante el Experimento 1. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*). Los valores son medias \pm de; n = 37, 18 y 30 para *Litopenaeus setiferus* T1, *Litopenaeus setiferus* T2 y *Litopenaeus vannamei* T2, respectivamente.

Una vez habiendo comprobado la homogeneidad de varianzas (Bartlett: $X^2 = 3.841$; $p = 0.147$), el ANOVA mostró la presencia de diferencias significativas en el contenido de glucógeno del hepatopáncreas ($F = 4.469$; $p < 0.05$). Las pruebas de contraste mostraron que no existen diferencias significativas entre los valores de glucógeno de *L. setiferus* provenientes de ambos tratamientos ($F = 1.57$; $p = 0.214$; Figura 13), pero el contenido de glucógeno en el hepatopáncreas de *L. setiferus* cuando se encontraba sólo fue significativamente mayor que aquel de *L. vannamei* ($F = 8.923$; $p < 0.01$).

5.3 Experimento 2

5.3.1 Factores físico-químicos del agua (Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto)

Durante el experimento 2 la temperatura media de todos los estanques en los registros realizados por la mañana fue de $22.7 \pm 1.9^{\circ}\text{C}$ ($C_{\text{var}} = 9.3\%$; Int = $16.9.0 - 26.2^{\circ}\text{C}$), mientras que aquella registrada en la tarde fue de $24.9 \pm 1.9^{\circ}\text{C}$ ($C_{\text{var}} = 7.7\%$; Int: $18.9 - 28^{\circ}\text{C}$).

La salinidad presentó una media general en los registros de la mañana de $40.1 \pm 0.9 \text{‰}$ ($C_{\text{var}} = 1.9\%$; Int = $37 - 41 \text{‰}$) y en aquellos de la tarde de $39.8 \pm 0.8 \text{‰}$ ($C_{\text{var}} = 2\%$; Int = $37 - 41 \text{‰}$).

El oxígeno disuelto presentó una media general en la mañana de $7.03 \pm 1.25 \text{ mg/l}$ ($C_{\text{var}} = 17.8\%$; Int = $5.07 - 12.06 \text{ mg/l}$), y en la tarde de $7.33 \pm 1.5 \text{ mg/l}$ ($C_{\text{var}} = 20.5\%$; Int = $5.16 - 11.39 \text{ mg/l}$). De manera general, en este experimento también la temperatura fue el factor que más diferencias presentó entre el registro efectuado en la mañana y aquel de la tarde.

Las variaciones en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a lo largo del tiempo fueron similares para ambos tratamientos, tanto en los registros matutinos como en los vespertinos (Figura 14).

tratamiento 1

tratamiento 2

tratamiento 3

tratamiento 4

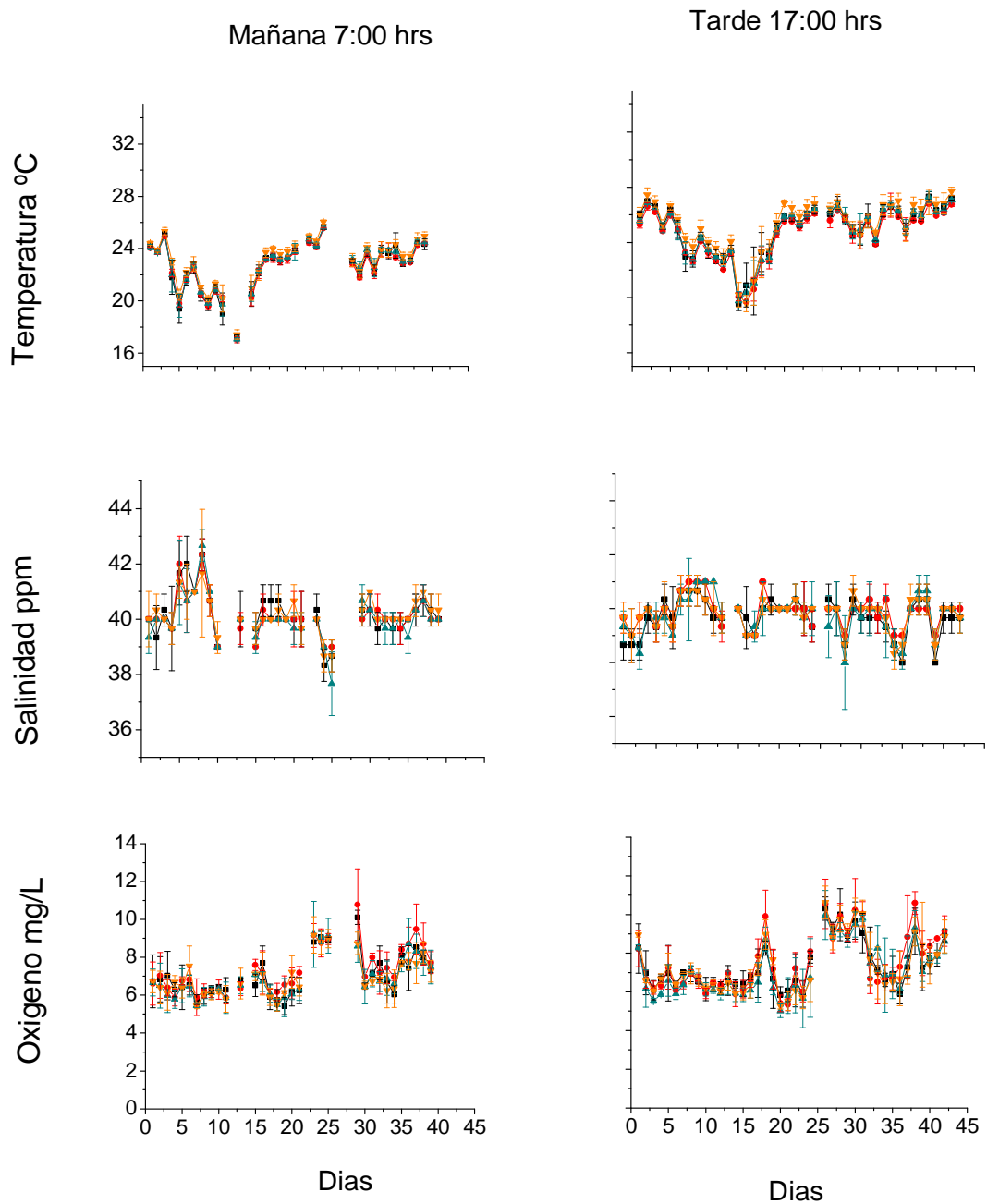


Figura 14. Variación en la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del agua durante el Experimento 2 (42 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*); Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*); Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*); Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei* + *Callinectes sapidus*). Datos de medias \pm de ($n = 3$). Los días que no se tiene registro, son días de muestreo donde no se alcanzó a tomar los datos.

5.3.2 Supervivencia

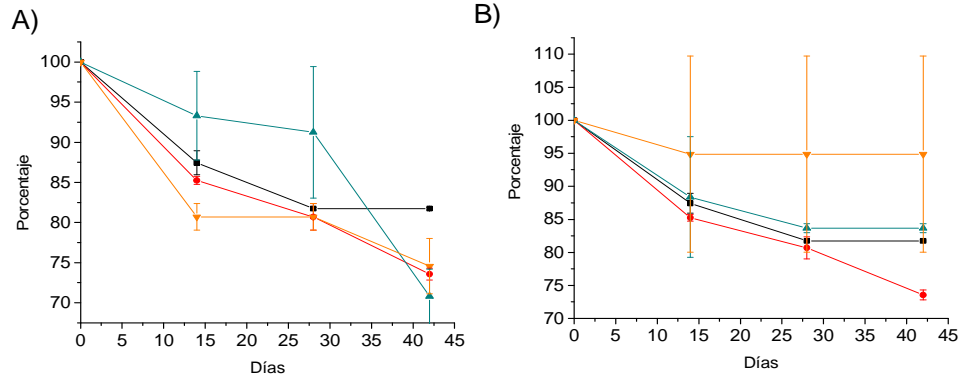
Una vez habiendo comprobado la homogeneidad de varianzas entre tratamientos (Cochran, $C = 0.4450$; $p > 0.05$), el ANOVA mostr3 que no hubo diferencias en la supervivencia final de *L. setiferus* provenientes de ninguno de los tratamientos ($F = 0.471$; $p = 0.71$) (Figura 15C).

Para la comparaci3n de la supervivencia final entre *L. setiferus* y *L. vannamei*, se encontr3 heterogeneidad en las varianzas (Cochran $C = 0.910$; $p < 0.05$), debido a la varianza particularmente grande (0.156; tres3rdenes de magnitud mayor) de la supervivencia final de *L. vannamei* en el tratamiento 4. Este resultado no permiti3 el uso del ANOVA para comparar la supervivencia final media entre especies, pero sugiere que el efecto de la presencia de *C. sapidus* en la supervivencia de *L. vannamei* est3 relacionado con un aumento en la variabilidad de la supervivencia, mas que con el valor medio de la misma (Figura 15C).

La supervivencia de *L. setiferus* en el tiempo mostr3 que cuando est3 se encontraba s3lo o en presencia de *C. sapidus*, los camarones murieron en tasas relativamente constantes a lo largo de todo el experimento. Cuando *L. setiferus* se encontraba con *L. vannamei*, present3 mortalidades bajas en los primeros 28 d3as del experimento, pero la mortalidad aument3 en la fase final del mismo. Cuando *L. setiferus* se encontraba con *L. vannamei* y *C. sapidus*, present3 la mayor tasa de mortalidad en la primera quincena del experimento (Figura 15 A).

La supervivencia de *L. setiferus* y *L. vannamei* en el tiempo mostr3 que la tasa de mortalidad de los camarones de ambas especies fue similar a lo largo del experimento, con la excepci3n de *L. vannamei* en el tratamiento 4 (con *C. sapidus*), en el que la supervivencia media en el tiempo fue mayor, pero se presentaron las variaciones mayores entre los estanques con dicho tratamiento (Figura 15B).

tratamiento 1 tratamiento 2 tratamiento 3 tratamiento 4



L. setiferus vs *L. vannamei*

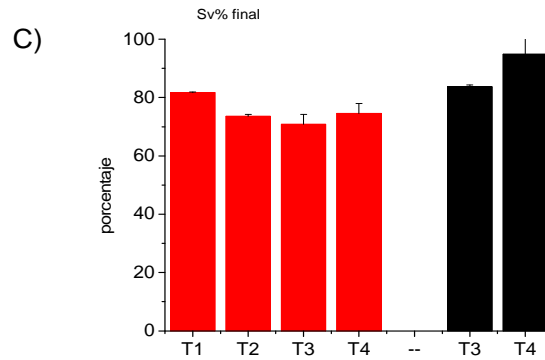


Figura 15. Supervivencia (%) en el tiempo de *Litopenaeus setiferus* (A) en los 4 tratamientos (T1, T2, T3, T4); *Litopenaeus setiferus* (T1, T2) y *Litopenaeus vannamei* (T3, T4) (B); y supervivencia final de ambos (C) durante el Experimento 2. Datos son medias \pm de (n = 3) de datos transformados (transformación angular). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*); Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*); Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*); Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei* + *Callinectes sapidus*).

5.3.3 Crecimiento

El ANCOVAR mostró que no hay diferencias en las pendientes ni en las ordenadas al origen en la relación talla final vs talla inicial de *L. setiferus* provenientes de los diferentes tratamientos (Tabla 4.1; Figura 16A). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de todos los tratamientos crecieron en talla de la misma manera (pendientes iguales). Como dicha pendiente es significativamente < 1 (Tabla 4.2), entonces podemos decir que camarones de tallas iniciales mayores de todos los tratamientos crecieron proporcionalmente menos que los camarones de tallas iniciales menores de todos los tratamientos. Asimismo, para tallas iniciales iguales, camarones de ambos tratamientos adquirieron tallas finales similares (ordenadas al origen iguales). Dado que la duración del experimento fue similar para ambos tratamientos (42 días), *L. setiferus* sometido a los diferentes tratamientos crecieron en talla a la misma velocidad con respecto al tiempo (Figura 18A).

Tabla 4.1. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); n = 21; ns: no significativo.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.257	4; 19	>0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	1.541	3; 76	0.21 ns
Prueba de interceptos	1.879	3; 79	0.14 ns

Tabla 4.2. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre talla final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento 2. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); n = 84; ns: no significativo; **p<0.01, ***p<0.001.

	MS	F	p
Modelo	40.266	217.777	***< 0.001
Residual	0.185		
	$r^2 = 0.726464$		
Coefficientes	es	-95	+95
b = 2.549	0.588	1.380	3.718
m = 0.838	0.057	0.725	0.951

Prueba de t para $H_0: m = 1$			
	t	p	gl
	2.844	< 0.01 **	82

El ANCOVAR mostró que no hay diferencias en las pendientes ni en las ordenadas al origen en la relación peso final vs peso inicial de *L. setiferus* provenientes de los diferentes tratamientos (Tabla 4.3; Figura 16B). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de todos los tratamientos crecieron en peso de la misma manera (pendientes iguales). Como dicha pendiente es igual a 1 (Tabla 4.4), entonces podemos decir que camarones de todos los tratamientos crecen proporcionalmente igual a lo largo de todo el intervalo de pesos iniciales. Asimismo, para pesos iniciales iguales, camarones de ambos tratamientos adquirieron pesos finales similares (ordenadas al origen iguales). Dado que la duración del experimento fue similar para ambos tratamientos (42 días), *L. setiferus* sometido a los diferentes tratamientos crecieron en peso a la misma velocidad con respecto al tiempo (Figura 18B).

Tabla 4.3. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre peso final e inicial de *L. setiferus* durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); n = 21; ns: no significativo.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.293	4; 19	>0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	1.179	3; 76	0.32 ns
Prueba de interceptos	1.695	3; 79	0.17 ns

Tabla 4.4. Resultados del análisis de regresión por mínimos cuadrados y prueba de t para $H_0: m = 1$ de la relación entre peso final e inicial *L. setiferus* durante el Experimento 2. Se indican los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b), errores estándar (es) y límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%) en cada caso. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); n = 84; ns: no significativo.

	MS	F	p
Modelo	499.337	352.120	352.12 ns
Residual	1.419		
	$r^2 = 0.811112$		
Coefficientes	es	-95	+95
b = 1.908	0.533	0.848	2.967
m = 1.025	0.055	0.917	1.134

Prueba de t para $H_0: m = 1$			
	t	p	gl
	0.465	0.64 ns	82

tratamiento 1 tratamiento 2 tratamiento 3 tratamiento 4

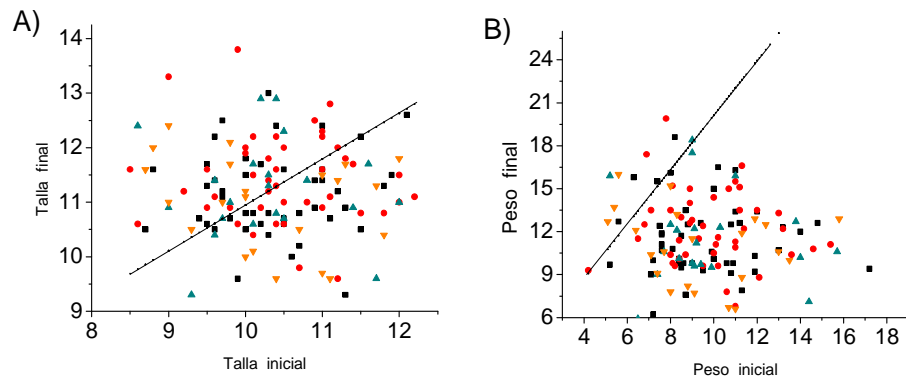


Figura 16. Relación entre las tallas (cm) (A) y pesos (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* durante el Experimento 2 (42 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*), Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*), Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus* + *Litopenaeus vannamei*). Las líneas sólidas indican los valores de talla y peso finales calculados a partir de las ecuaciones de regresión (n = 180).

Al comparar el crecimiento en talla de *L. setiferus* contra el de *L. vannamei*, el ANCOVAR mostró que no hay diferencias entre las pendientes, pero sí entre las ordenadas al origen en la relación talla final vs talla inicial de camarones de ambas especies provenientes de los distintos tratamientos (Tabla 4.5; Figura 17A). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de ambas especies crecieron en talla de la misma manera (pendientes iguales). Sin embargo, para tallas iniciales iguales, camarones de algunos tratamientos adquieren tallas finales mayores que otros (ordenadas al origen diferentes). Las comparaciones múltiples (Tukey) sólo distinguieron diferencias significativas entre las ordenadas al origen de los tratamientos 3-1, 4-1 y 3-2, y no permitieron clasificar dichos valores en grupos mutuamente excluyentes (Tabla 4.6). Por lo tanto, el análisis estadístico sólo permite concluir que las ordenadas al origen de las regresiones talla final vs talla inicial analizadas se encuentran en el

siguiente orden decreciente: *L. vannamei* (Tratamiento 3) > *L. vannamei* (Tratamiento 4) > *L. setiferus* (Tratamiento 2) > *L. setiferus* (Tratamiento 1); y que en general *L. vannamei* presentó un crecimiento en talla significativamente mayor que *L. setiferus* con respecto al tiempo (Figura 18A).

Tabla 4.5. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre talla final e inicial de *L. setiferus* (Tratamientos 1 y 2) y *L. vannamei* (Tratamientos 3 y 4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); n = 21; ns: no significativo; ***p<0.001.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.288	4; 19	>0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	2.651	3; 76	0.05 ns
Prueba de interceptos	9.281	3; 79	***<0.001

Tabla 4.6. Resultados de las pruebas de Tukey para comparar los interceptos de las cuatro ecuaciones de regresión entre talla final e inicial de *L. setiferus* (Tratamientos 1 y 2) y *L. vannamei* (Tratamientos 3 y 4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*). El valor crítico de Q = 3.737, gl = 60, k = 4, alfa = 0.05; ns: no significativo, *p < 0.05.

Comparaciones múltiples entre tratamientos			
	Q	gl	Resultado
1 vs 3	6.017	76	*
1 vs 4	4.844	76	*
2 vs 3	4.369	76	*
2 vs 4	3.229	76	ns
1 vs 2	3.212	76	ns
3 vs 4	1.383	76	ns

Al comparar el crecimiento en peso de *L. setiferus* contra el de *L. vannamei*, el ANCOVAR mostró que no hay diferencias entre las pendientes, pero si entre las ordenadas al origen en la relación peso final vs peso inicial de camarones de ambas especies provenientes de los distintos tratamientos (Tabla 4.7; Figura 17B). Es decir, que en términos proporcionales, camarones de ambas especies crecieron en peso de la misma manera (pendientes iguales). Sin embargo, para pesos iniciales iguales, camarones de algunos tratamientos adquirieron pesos finales mayores que otros (ordenadas al origen diferentes). Las comparaciones múltiples (Tukey) sólo distinguieron diferencias significativas entre las

ordenadas al origen de los tratamientos 3-1, 4-1 y 3-2, y no permitieron clasificar dichos valores en grupos mutuamente excluyentes (Tabla 4.8). Por lo tanto, el análisis estadístico sólo permite concluir que las ordenadas al origen de las regresiones peso final vs peso inicial analizadas se encuentran en el siguiente orden decreciente: *L. vannamei* (Tratamiento 3) > *L. vannamei* (Tratamiento 4) > *L. setiferus* (Tratamiento 2) > *L. setiferus* (Tratamiento 1); y que en general *L. vannamei* presentó un crecimiento en peso significativamente mayor que *L. setiferus* con respecto al tiempo (Figura 18B).

Tabla 4.7. Resultados del análisis de covarianza sobre la relación entre peso final e inicial de *L. setiferus* (Tratamientos 1 y 2) y *L. vannamei* (Tratamientos 3 y 4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*); n = 21; ns: no significativo; ***p<0.001.

	F	gl	P
Homogeneidad de varianzas	0.321	4; 19	>0.05 ns
Homogeneidad de pendientes	0.591	3; 76	0.62 ns
Prueba de interceptos	11.903	3; 79	***<0.001

Tabla 4.8. Resultados de las pruebas de Tukey para comparar los interceptos de las cuatro ecuaciones de regresión entre talla final e inicial de *L. setiferus* (Tratamientos 1 y 2) y *L. vannamei* (Tratamientos 3 y 4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*L. setiferus*), Tratamiento 2 (*L. setiferus* + *C. sapidus*), Tratamiento 3 (*L. setiferus* + *L. vannamei*), Tratamiento 4 (*L. setiferus* + *L. vannamei* + *C. sapidus*). El valor crítico de Q = 3.737, gl = 60, k = 4, alfa = 0.05; ns: no significativo.

Comparaciones múltiples entre tratamientos			
	Q	gl	resultado
1 vs 3	6.952	76	*
1 vs 4	5.011	76	*
2 vs 3	5.463	76	*
2 vs 4	3.533	76	ns
1 vs 2	2.631	76	ns
3 vs 4	2.987	76	ns

tratamiento 1 tratamiento 2 tratamiento 3 tratamiento 4

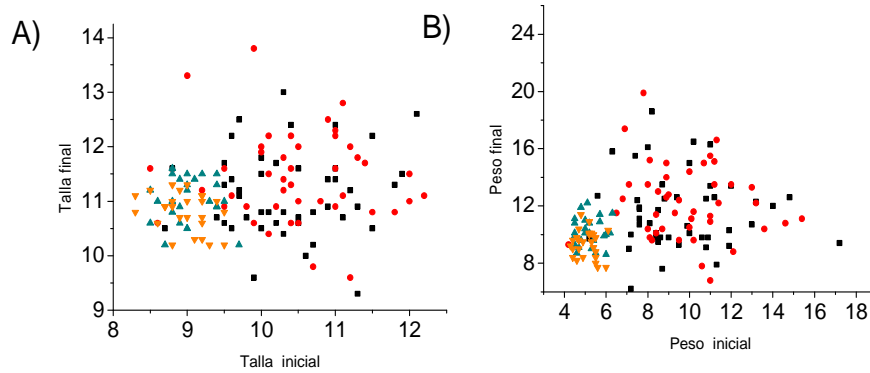


Figura 17. Relación entre la tallas (cm) (A) y pesos (g) (B) iniciales y finales de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* durante el Experimento 2 (42 días). Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*), Tratamiento 3 (*Litopenaeus vannamei*), Tratamiento 4 (*Litopenaeus vannamei* + *Callinectes sapidus*).

tratamiento 1 tratamiento 2 tratamiento 3 tratamiento 4

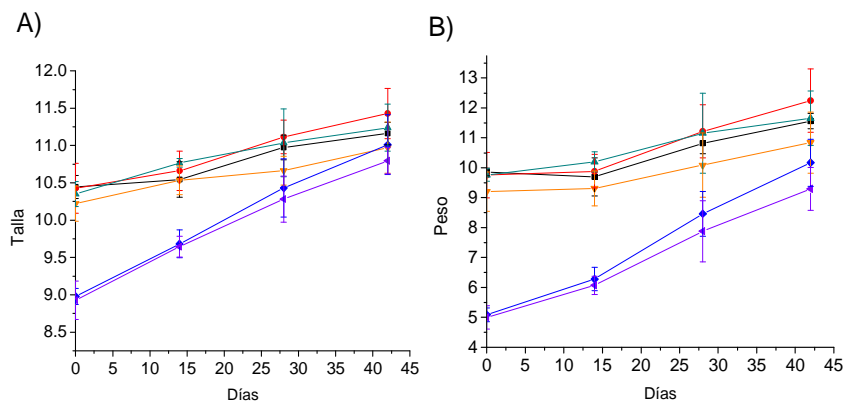


Figura 18. Incremento en talla (cm) (A) y peso (g) (B) de *Litopenaeus setiferus* y *Litopenaeus vannamei* con respecto al tiempo durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*) n =46, Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*) n =44. Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*) n = 46, Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus* + *Litopenaeus vannamei*) n =48.

5.3.4 Glucógeno

Una vez habiendo comprobado la homogeneidad de las varianzas (Bartlett: $X^2 = 6.193$; $p = 0.105$), el ANOVA mostró que no existen diferencias significativas entre los valores de glucógeno de *L. setiferus* provenientes de los diferentes tratamientos ($F = 1.420$; $p = 0.242$; Figura 19A). Asimismo, no se detectaron diferencias significativas entre los valores de glucógeno de *L. setiferus* y *L. vannamei* (Bartlett: $X^2 = 4.7$; $p = 0.195$; $F = 2.392$; $p = 0.074$; Figura 19B).

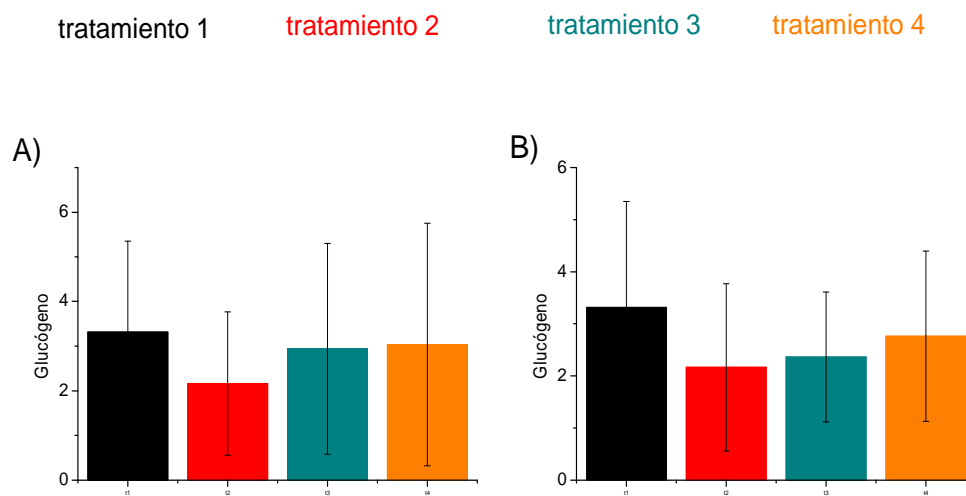


Figura 19. Glucógeno (mg/ml) en hepatopáncreas de (A) *Litopenaeus setiferus* y (B) *Litopenaeus setiferus* (T1, T2) y *Litopenaeus vannamei* (T3, T4) durante el Experimento 2. Tratamiento 1 (*Litopenaeus setiferus*), Tratamiento 2 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus*), Tratamiento 3 (*Litopenaeus setiferus* + *Litopenaeus vannamei*), Tratamiento 4 (*Litopenaeus setiferus* + *Callinectes sapidus* + *Litopenaeus vannamei*). Los valores son medias \pm de.

6. DISCUSIÓN

EL DISPOSITIVO DE MESOCOSMOS Y EL DISEÑO EXPERIMENTAL.

En el medio marino, los estudios de mesocosmos han sido útiles para entender procesos ecológicos (Williams *et al.*, 1998), ya que estos dispositivos permiten replicar, hasta cierto límite, las condiciones de variabilidad física y química del ambiente natural (Mathew, 2001), permitiendo manipular las condiciones biológicas para poner a prueba hipótesis sobre los factores bióticos que afectan la abundancia de las poblaciones. La abundancia y dinámica poblacional está en parte controlada por factores físicoquímicos y biológicos que actúan sobre la adecuación de los organismos, y regulan interacciones de competencia entre éstos (Liss y Warren, 1998). La importancia de que dispositivo de mesocosmos utilizado en el presente estudio verifique la replicación de las condiciones naturales, reside en que permitirá analizar los resultados relevantes a las hipótesis experimentales, y justificará el uso de dispositivos de mesocosmos para realizar experimentos futuros sobre interacciones competitivas potenciales entre *L. setiferus* y *L. vannamei*.

Los estanques utilizados en el presente trabajo presentaron dimensiones lo suficientemente grandes para asegurar que las densidades de camarones y jaibas utilizadas fueran similares a las del medio natural (Brusher *et al.*, 1972; Gunter, 1950; Minello y Zimmerman, 1991). Asimismo, estos volúmenes grandes de agua permitieron que las variaciones de los factores físicoquímicos a lo largo del día no fueran extremas.

La columna de agua en los estanques (85cm de altura) se mantuvo un poco por debajo de los intervalos de profundidad promedio en los que se encuentra *L. setiferus* en las zonas estuarinas (profundidad hasta de 1m en zonas bajas, Reid y Word, 1976), pero dicha diferencia puede considerarse pequeña para influir en los resultados de los experimentos. La profundidad de la columna de agua, sin embargo, se mantuvo constante a lo largo de los experimentos, con excepción de los momentos de muestreo (Tabla 1) en los que ésta se reducía al mínimo (10 cm de altura). Esto hizo con que los organismos experimentales, no estuvieron bajo el régimen de ciclo de marea que se registra en las zonas estuarinas (Kramer *et al.*, 1994).

Las mareas son de suma importancia en la dinámica de los estuarios, ya que son las impulsoras de las fuerzas de circulación del agua y remueven los nutrientes sedimentados (Kramer *et al.*, 1994). La mayoría de las corrientes en los estuarios y lagunas costeras, principalmente en las bocas y canales son producidas por las mareas, que son la fuente de energía más importante para mezclar las aguas. El volumen de agua que fluye a través de una boca está directamente relacionado con el área de la laguna y el ciclo y amplitud de las mareas (Flores-Coto y Pérez-Argudín, 1991; Phleger, 1969). Las corrientes también pueden influir en el número y tipo de organismos que utilizan las lagunas y estuarios como áreas de crianza. La inmigración de larvas de camarones y larvas y juveniles de peces hacia los estuarios y lagunas costeras, está determinada por las mareas, los vientos, el aporte fluvial, la topografía y las características biológicas de los organismos (Arosamena, 1976).

Numerosos estudios han puesto de manifiesto la importancia del ciclo de mareas como reguladores de procesos biológicos en organismos marinos (Arosamena, 1976). Los movimientos del agua producidos por las mareas tienen una implicación de requerimientos fisiológicos de los organismos repercutiendo en los procesos ecológicos de dinámica poblacional (Arosamena, 1976). Estudios realizados muestran que la velocidad de corriente influye en el movimiento de

los camarones acentuando su comportamiento migratorio, mientras que la dirección de las mismas es la encargada de que las larvas de los camarones puedan entrar al estuario y salir en su estado juvenil (Arosamena, 1976). En estos organismos, los ciclos de marea influyen en procesos fisiológicos como la digestión (secreción de jugos gástricos; (Arosamena, 1976).), dictando la periodicidad de sus hábitos de alimentación, refugio y su biología reproductiva. Un ejemplo en el que las mareas influyen los ciclos biológicos de otros crustáceos, es en *Marinogammarus*, que solo se alimenta durante las mareas altas (Arosamena, 1976).

Las dificultades logísticas de crear un ciclo de marea artificial dentro del dispositivo de mesocosmos obligó a que los organismos en el presente trabajo se mantuvieran a una profundidad de agua constante a lo largo de todos los experimentos. Si bien, ésta condición poco natural pudo afectar los procesos biológicos de los camarones que son relevantes para las hipótesis centrales del trabajo (principalmente el efecto sobre los hábitos de alimentación y búsqueda de refugios durante periodos inactivos), dicha condición fue general para los camarones de todos los tratamientos, y su influencia, por tanto, se mantuvo controlada a través del propio diseño experimental. A pesar de lo anterior, se debe hacer explícita la recomendación de adecuar la periodicidad de los ciclos de marea en dispositivos experimentales futuros, ya que sólo así se logrará una mayor semejanza entre las condiciones experimentales y aquellas de los estuarios y lagunas costeras.

El uso y funcionamiento del sistema de aireación, intercambio permanente de agua, y eliminación de materia orgánica suspendida del dispositivo experimental permitió reducir al máximo las alteraciones sobre los organismos que resultan de los recambios periódicos de agua y la limpieza manual de los estanques, además de asegurar mayor homogeneidad en las condiciones de los estanques (cantidad de materia orgánica, calidad y transparencia del agua, oxígeno disuelto, etc.). Por su parte, los espacios que entre la tubería de PVC (del sistema de aireación) y las paredes, las rocas (utilizadas para mantener en

su lugar el sistema), y las acrecentadas superficies con crecimiento de macroalgas desempeñaron el papel de refugios artificiales, en los cuales se observó varias veces a camarones y jaibas resguardarse.

Las cubiertas de malla oscura limitaron el efecto de la incidencia solar en los estanques, controlando, por un lado, las fluctuaciones diarias en los factores fisicoquímicos (especialmente la temperatura), y por el otro, el crecimiento de micro y macroalgas en el agua y fondo de los estanques. El crecimiento de estas últimas, junto con el sustrato introducido, aseguraron un fondo arenoso con cubierta vegetal para proveer de una diversidad de microhábitats similares a los encontrados en las zonas estuarinas (Kramer *et al.*, 1994; Reid y Wood, 1976). Asimismo, permitieron el crecimiento de una biota asociada relativamente diversa y abundante, que seguramente formó parte del alimento consumido tanto por los camarones juveniles, como por las jaibas, ambos de hábitos omnívoros (García y Le Reste, 1987; Hsueh *et al.*, 1992).

El crecimiento de macroalgas y la biota asociada no fue similar en todos los estanques, ya que hubo estanques (exp. preliminar: estanque (E)4; exp.1: (E)3,(E)8,(E)9; exp. 2: (E)3,(E)8,(E)9) donde el crecimiento fue notablemente menor, y éstos fueron los que en su mayoría presentaron el menor número de organismos sobrevivientes. También fueron los estanques que representaron los mayores problemas durante los muestreos, ya que era muy difícil encontrar a los camarones que se encontraban frecuentemente enterrados en la arena. Sin embargo, la asignación estrictamente al azar de los distintos tratamientos a los estanques, y el hecho de que nunca se observó un patrón en la abundancia de macroalgas con respecto a los tratamientos, permiten asegurar que cualquier diferencia en la sobrevivencia y crecimiento de camarones entre tratamientos no es atribuible a las variaciones en la abundancia de macroalgas.

Estudios previos han demostrado que el tipo y cantidad de cobertura vegetal, así como la turbidez del agua determinan la abundancia de ciertas especies de

camarones peneidos mediante la función que éstos ejercen como refugios de los depredadores (Macía *et al.*, 2003). Al respecto se han realizado estudios sobre la conducta de selección de microhábitat en *L. setiferus* (Minello y Zimmerman, 1985) y *L. vannamei* (Magallón-Gayón, 2005), en donde estas especies mostraron preferencias distintas por la cobertura vegetal.

Además del espacio, es posible que las macroalgas y la biota asociada constituyeran una fuente diversa y abundante de alimento. Los camarones peneidos se consideran omnívoros generalistas (García y Le Reste, 1987), cuyas preferencias dietéticas están principalmente determinadas por la disponibilidad de distintos tipos de alimento. La dieta natural de los camarones incluye restos de organismos planctónicos, una gran cantidad de detritus (cuyo origen es difícil de identificar) formado incluso por fragmentos de quitina y celulosa, mandíbulas de anélidos, setas, foraminíferos, etc. (Arosamena, 1976). Los principales elementos de la productividad natural utilizados por el camarón para su alimentación, son organismos del zooplancton y del bentos (Chiu y Chien, 1992; Martínez-Córdoba *et al.*, 1997; Martínez-Córdoba, *et al.*, 2003). Así, la presencia de macroalgas en los estanques permitió representar algunas de las condiciones de refugio y alimento que estos organismos encuentran en sus zonas de distribución natural.

Por lo anterior, se puede decir que el dispositivo de mesocosmos empleado durante el presente estudio si permitió replicar la mayoría de las condiciones naturales del ambiente físicoquímico y biológico de los camarones en los estuarios. Si bien, dicha replicación es perfectible, el uso de estos dispositivos debe recomendarse, pues permite interpretar de manera mas realista los resultados de experimentos de manipulación con organismos acuáticos. Otras alternativas, como la de utilizar peceras y acuarios de menor volumen, permiten realizar más replicas por tratamiento, aumentando el poder de las herramientas estadísticas (Zar, 1999), pero obligan a desarrollar los experimentos bajo condiciones extremadamente artificiales, por ejemplo, densidades de

organismos mayores a las naturales, un control excesivo de las condiciones fisicoquímicas del agua, la dificultad de incluir el factor de depredación, la imposibilidad de incluir condiciones de refugio cercanas a las naturales como el sedimento y las macroalgas, etc. Si bien, los experimentos en el campo ofrecen el mayor realismo, requieren de dispositivos seguros para controlar la huida de organismos, así como la depredación y la intervención humana no deseada. Este tipo de experimentos resultan costosos y requieren la participación de muchas personas, condiciones que no siempre pueden ser aseguradas.

Por otro lado, el diseño experimental y análisis estadísticos aplicados permitieron analizar los datos inequívocamente, y llevar a cabo una interpretación sobre las tasas de crecimiento de los camarones sin utilizar el tiempo como una covariable. Los diseños experimentales que pretenden comparar tasas de crecimiento (pendientes) utilizando el tiempo como covariable, se ven fuertemente limitados en cuanto al tipo de herramientas estadísticas, puesto que en tales casos no se cumple el precepto de independencia de los datos con respecto a la covariable (Underwood, 1997).

LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA

Los parámetros físico-químicos del agua tales como la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto son factores limitantes en el medio marino, y como tales pueden modular la competencia entre especies (Keddy, 1989; Nybakken, 1997). En los esteros, éstos factores varían a lo largo de distintas escalas temporales, y por efecto de diferentes fenómenos, meteorológicos principalmente, su rango de variación puede ser bastante alto (Reid y Wood, 1976).

En los experimentos del presente trabajo, los factores fisicoquímicos del agua no fueron controlados, y se comportaron de manera aproximadamente “natural”, tal y como sucedería en los ecosistemas estuarinos. Tanto la

temperatura, como la salinidad y el oxígeno disuelto variaron a lo largo de la duración de los experimentos y entre los distintos experimentos (Figuras 3, 8 y 14) como resultado de los cambios normales en el estado del tiempo, cambios a los cuales están sujetas y adaptadas las poblaciones naturales (Reid y Wood, 1976). Los valores de salinidad, aunque relativamente altos, se encontraron entre los registrados para las zonas de distribución de *L. setiferus*, ya que este es común en estuarios mesohalinos (18 a 5 ‰) y euhalinos (30-40 ‰) (Kramer *et al.*, 1994 ; Reid y Wood, 1976). Durante el experimento preliminar se presentó el huracán Wilma (21 al 25 de octubre, 2005), y el oxígeno disuelto disminuyó en todos los estanques experimentales. Si bien, esto pudo representar una fuente de estrés para los organismos, la sobrevivencia y el tamaño de los camarones medidos dos días antes y 1 semana después de la entrada del huracán indicaron que éstos no fueron alterados drásticamente. Durante los experimentos 1 y 2, la temperatura sufrió un descenso considerable (Figuras 8 y 14) debido principalmente a al temporada del año y a los eventos meteorológicos (4 nortes) que se registraron. Sin embargo, en ambos casos la temperatura fue descendiendo paulatinamente en todos los tratamientos, permitiendo que los organismos se aclimataran gradualmente a las condiciones prevalecientes.

Las variaciones diarias de los tres factores fisicoquímicos registrados fueron muy similares en los diferentes tratamientos (Figuras 3, 8, 14), asegurando que cualquier diferencia entre tratamientos no sea adjudicada a diferencias en las condiciones fisicoquímicas del agua a lo largo del día. La temperatura del agua durante el experimento 2 (16.9.0°C – 26.2°C) fue el factor que mayores variaciones diarias presentó, aunque éstas fueron minimizadas por el uso de las cubiertas de malla oscura.

Por otra parte, los reportes sobre las maniobras de engorda de camarones realizadas en estanques iguales a los utilizados en el presente trabajo (Rosas *et al.*, 1996, 1999, 2000, 2001) muestran que la sobrevivencia y el crecimiento de los organismos no se ven comprometidos por las condiciones fisicoquímicas del

agua (manejando promedios: 28°C, 37 ‰ y 5.7 mg/ml), aun estando en densidades muy superiores a las del medio natural (20ind./m² a 40ind./m²). Por lo anterior, se puede decir que las variaciones en los factores fisicoquímicos del agua no tuvieron un efecto determinante en la sobrevivencia y crecimiento de los camarones a lo largo del presente trabajo, y fueron controlados adecuadamente a través del diseño experimental.

EFFECTO DE *L. vannamei* EN LA SOBREVIVENCIA DE *L. setiferus*.

Los resultados del presente trabajo mostraron que no hay diferencias significativas en la sobrevivencia final de *L. setiferus* estando en presencia o ausencia de *L. vannamei* (Figuras 9a, 15c). La competencia entre dos especies tendría un efecto directo en la sobrevivencia de los individuos y en el crecimiento si la limitación del recurso por el que compiten afecta a una de ellas tal que sus individuos se vieran sometidos a condiciones de estrés fisiológico extremo, aumentando el riesgo de muerte (Krebs, 1978; Odum, 1976). Una condición fisiológica extrema podría presentarse ante i) una situación de competencia severa, en la que la población deja de tener acceso al recurso, y no consigue satisfacer necesidades fundamentales inmediatas para sobrevivir; o bien, ii) ante una situación de competencia menos severa que persista durante un periodo de tiempo suficientemente largo, y resulte en un efecto fisiológico acumulado que modifique la probabilidad de sobrevivir en el largo plazo (Begon, et al. 1986,1990; Krebs, 1978; Guiller, 1984).

Dado que la sobrevivencia de *L. setiferus* sólo y en presencia de *L. vannamei* fue estadísticamente igual tanto en el experimento 1, con 21 días de duración, como del experimento 2, con 42 días de duración, las causas que explican la ausencia de dichas diferencias no están relacionadas con la duración de los experimentos, y los intervalos de tiempo utilizados para evaluar el efecto inmediato de *L. vannamei* en la sobrevivencia de *L. setiferus* fueron los adecuados. Esto puede corroborarse a través del análisis gráfico de la sobrevivencia en el tiempo (Figuras 9B y 15a, 15b), ya que durante ambos experimentos tanto *L. setiferus* solos, como en presencia de *L. vannamei*, presentaron patrones semejantes de mortalidad en el tiempo.

Por otra parte, las mayores mortalidades de *L. setiferus* se presentaron durante los primeros 15 días de ambos experimentos, permitiendo suponer que una exposición todavía mas prolongada a *L. vannamei* no hubiese tenido consecuencias en la sobrevivencia de *L. setiferus* bajo las condiciones experimentales del presente trabajo. Resultados de experimentos de mesocosmos realizados bajo condiciones similares (Mascaró et al. resultados no publicados) mostraron que no hay un efecto significativo de *L. vannamei* en la sobrevivencia final de *L. setiferus* incluso después de 60 días de exposición.

La mortalidad de *L. setiferus* a lo largo de los experimentos no estuvo relacionada con la depredación por jaibas, ya que la sobrevivencia final de *L. setiferus* sólo y en presencia de *C. sapidus* fue consistentemente similar (Figuras 4A y 15C). Que la depredación por *C. sapidus* no tuviera un efecto en la sobrevivencia de *L. setiferus* no se explica por la baja densidad de jaibas, ya que a pesar de que ésta fue aumentada de 2 jaibas/ estanque en el experimento preliminar a 4 jaibas/ estanque en el experimento 2, la sobrevivencia de *L. setiferus* (en los tratamientos con jaibas) en ambos experimentos fue similar ($77.96 \pm 1.65\%$ y $73.56 \pm 0.67\%$, respectivamente).

Sin embargo, es posible que la baja densidad de camarones hiciera difícil su detección y captura por parte de *C. sapidus*. Experimentos de microcosmos sobre las bases conductuales de la selección de *L. setiferus* por parte de *C. sapidus* (Mascaro et al., 2003) mostraron que la probabilidad de captura y la saciedad son los factores que determinan la conducta selectiva de forrajeo de éstos depredadores, y explican en gran medida las tasas de consumo de camarones de diferente tamaño. La densidad de camarones utilizada en el presente trabajo, seguramente mantuvo la probabilidad de captura de los camarones muy por debajo de aquella observada en los dispositivos experimentales de microcosmos utilizados por los autores, y las jaibas consumieron otro tipo de alimento presente en los estanques.

EFFECTO DE *L. vannamei* EN EL CRECIMIENTO DE *L. setiferus*.

La presencia de *L. vannamei* tampoco afectó significativamente el crecimiento en talla y peso de *L. setiferus* en los experimentos 1 y 2, tal como lo indican la ausencia de diferencias significativas entre las ordenadas al origen de las regresiones de talla y peso final vs talla y peso inicial de *L. setiferus* en los distintos tratamientos (Tablas 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.2, 4.4). Los resultados demuestran que *L. setiferus* de tallas y pesos iniciales similares que estuvieron solos y aquellos en presencia de *L. vannamei* adquirieron tallas y pesos similares tanto después de 21 (Figura 10) como de 42 días (Figura 16),. Dado que el periodo de tiempo para los tratamientos comparados dentro de cada experimento fue similar, estos resultados constituyen evidencia de que las tasas de crecimiento en talla y peso de *L. setiferus* fueron similares a lo largo de los distintos tratamientos y experimentos (Figuras 12 y 18).

En un reporte interno de 1985, el grupo de AQUACOP (AQUACOP, datos no publicados) mostró que en estanques de cultivo con una mezcla de *L. vannamei* (90%; 50-80 ind/m²) y *Penaeus monodon* (10%; 25 ind/m²), *L. vannamei* no tuvo ningún efecto en el crecimiento de *P. monodon*, ya que éste crecía a una tasa similar estando solo o acompañado en los estanques. La presencia de *P. monodon*, sin embargo, si disminuyó el crecimiento y aumentó la dispersión de los pesos finales de *L. vannamei*. Los autores llegaron a la conclusión de que ambas especies no se repartían el recurso alimentario en forma proporcional a su abundancia relativa en los estanques, y que esto era el resultado de que *L. vannamei* se encontraba frecuentemente enterrado en el sustrato, en tanto que *P. monodon* mostraba una conducta más agresiva hacia el alimento (pellets).

La conducta de enterramiento en camarones peneidos ha sido observada tanto en el campo, como en condiciones de laboratorio (Hildebrand, 1954,1955; Minello y Zimmerman, 1985; Springer y Buills, 1954), y se reconoce que en general los camarones de télico cerrado (del género *Farfantepenaeus*) utilizan más esta conducta que los de télico abierto (del género *Litopenaeus*) (Pérez-Farfante, 1970; Pérez-Farfante y Kensley, 1997). Existen pocos estudios que comparen la conducta de enterramiento entre camarones del mismo género, pero durante una investigación sobre la selección de microhábitat por *L. setiferus* y *L. vannamei* (Magallón, 2005), se observó que la primera se encontraba enterrada menos, y en alta actividad natatoria más frecuentemente que la segunda.

Con base en lo anterior, la ausencia de un efecto de la presencia de *L. vannamei* en las tasas de crecimiento en talla y peso de *L. setiferus* puede tener dos explicaciones plausibles:

- 1) Que, habiendo competencia por el recurso alimento y como resultado de ésta, *L. vannamei* pase la mayor parte del tiempo enterrado, mientras que *L. setiferus* se muestre como un consumidor mas activo. Esto resultaría en un

efecto negativo de la presencia de *L. setiferus* sobre el crecimiento de *L. vannamei*.

2) Que no haya competencia por el alimento porque éste se encuentre en abundancia y diversidad lo suficientemente altas para cubrir en exceso los requerimientos nutricionales de ambas especies. Esto resultaría en la ausencia de cualquier efecto de la presencia de una especie sobre el crecimiento de la otra.

La comparación de los resultados entre especies mostró que *L. vannamei* presenta tasas de crecimiento en talla y peso mayores que *L. setiferus* tanto en el experimento 1 como en el 2 (Tabla 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 ; Figura 11, 12, 17, 18), corroborando los resultados previos que comparan las tasas de crecimiento, la fisiología y el metabolismo de ambas especies (Rosas *et al.*, 1999, 2000, 2001). Esto podría considerarse una prueba que refuta el primero de los escenarios expuestos anteriormente. Sin embargo, que las tasas de crecimiento de las dos especies sean diferentes, no significa que la presencia de una afecte el crecimiento de la otra. Está reportado que *L. vannamei* tiene tasas de crecimiento mayores que *L. setiferus* (Rosas *et al.* 2001), y que éste es el resultado de presentar tasas de asimilación del doble que *L. setiferus* (Rosas *et al.* 2001). Por lo tanto, es posible que *L. vannamei* vea disminuida su tasa de crecimiento por la presencia de *L. setiferus* como resultado de una interacción competitiva, sin que dicha disminución sea la suficiente para presentar tasas de crecimiento menores que las de *L. setiferus*.

Para poder determinar si el crecimiento de *L. vannamei* disminuye ante la presencia de *L. setiferus* y discernir entre estas dos explicaciones, Mascaró *et al.* (resultados no publicados) realizaron experimentos posteriores en los que repitieron el uso de los mismos dispositivos y diseños experimentales del presente trabajo, pero introdujeron un tratamiento control con únicamente *L. vannamei*.

Asimismo, los autores no adicionaron alimento pelletizado a los estanques, con la intención de limitar aún más el alimento y evidenciar la competencia. Los resultados mostraron que al cabo de 60 días, *L. setiferus* solos y acompañados de *L. vannamei* presentaron tasas de crecimiento en talla y peso similares, pero *L. vannamei* sólo adquirieron tallas y pesos finales significativamente mayores que *L. vannamei* acompañados de *L. setiferus* en los estanques. Estos resultados sugieren que bajo condiciones próclives a la competencia interespecífica (menor cantidad de alimento), *L. setiferus* se comporta como si se encontrara sólo (la presencia de *L. vannamei* no tiene un efecto significativo sobre su crecimiento), pero *L. vannamei* modifica su comportamiento en presencia de *L. setiferus*, tal que resulta en una disminución significativa en sus tasas de crecimiento en talla y peso.

Al respecto, se puede decir que mientras los *L. vannamei* utilizados en estos experimentos provenían de una granja acuícola, los *L. setiferus* provenían del medio natural. Los organismos provenientes de una granja reciben alimento en abundancia permanentemente, reciben tratamientos contra patógenos e infecciones, y nunca han estado bajo la presión de sus depredadores naturales ni en condiciones de alimento insuficiente. Diversos trabajos han demostrado la importancia del alimento natural en la nutrición de los camarones de cultivo, el cual puede representar hasta el 70% de sus requerimientos nutricionales (Anderson *et al.*, 1987; Castille y Lawrence, 1989; Martínez-Córdoba *et al.*, 2002; Martínez-Córdoba *et al.*, 2003). Estudios llevados a cabo en la Universidad de Sonora, mostraron que animales de granjas alimentados con suficiente cantidad de alimento artificial de diversos tipos (de 25% a 40% de proteína), siguen consumiendo alimento vivo (Martínez-Córdoba *et al.*, 2003). Los *L. vannamei* de granja debieron presentar cambios importantes en su comportamiento de alimentación, preferencias alimentarias, y en la alocaión del tiempo destinado a buscar refugios, al encontrarse en condiciones de relativamente baja disponibilidad de alimento (especialmente el pelletizado) y en presencia de depredadores. Asimismo, existen reportes sobre el efecto de la selección artificial de los reproductores de camarón en las granjas, que tiene como resultado una disminución de la heterocigosis en genes relacionados con la expresión de ciertas enzimas digestivas (Molina, *et al.*,

2000; Ramos–Paredes y Grijalva-Chon, 2003; Van Wormhoudt y Sellos, 2003). Dicha selección, a lo largo del tiempo (varias generaciones), ha resultado en una disminución de la condición de omnivoría en los organismos cultivados. Esto podría explicar que el efecto negativo de la competencia interespecífica, únicamente se observara en la tasa de crecimiento de *L. vannamei* a lo largo de éstos experimentos.

El análisis del crecimiento proporcional en talla, aunque no en peso, mostró que organismos (*L. setiferus* del experimento preliminar y del experimento 2, así como *L. vannamei* del experimento 2) de tallas mayores iniciales crecieron proporcionalmente menos que los de tallas iniciales menores. Estos resultados sostienen lo reportado en trabajos anteriores en los que la tasa de crecimiento de *L. vannamei* en su fase de permanencia dentro de las lagunas se hace asintótico entre los 120mm y los 130mm (Sepúlveda-Medina, 1975). Posteriormente, cuando los camarones salen de nuevo al mar, presentan una tasa de crecimiento más lenta, que a su vez alcanza su asíntota entre los 210mm y 220mm (Soto, 1969; Chávez *et al.*, 1973). Para *L. setiferus* la diferencia en el crecimiento también depende del tamaño inicial, siendo mas lento el crecimiento en animales de menor talla (Sepúlveda-Medina, 1975).

EFFECTO DE *C. sapidus* EN LA SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LOS CAMARONES

La mortalidad de *L. setiferus* a lo largo de los experimentos no estuvo relacionada con la depredación por jaibas, ya que la sobrevivencia final de *L. setiferus* sólo y en presencia de *C. sapidus* fue consistentemente similar (Figuras 4A y 15C). Que la depredación por *C. sapidus* no tuviera un efecto en la sobrevivencia de *L. setiferus* no se explica por la baja densidad de jaibas, ya que a pesar de que ésta fue aumentada de 2 jaibas/estanque en el

experimento preliminar a 4 jaibas/estanque en el experimento 2, la sobrevivencia de *L. setiferus* (en los tratamientos con jaibas) en ambos experimentos fue similar ($77.96 \pm 1.65\%$ y $73.56 \pm 0.67\%$, respectivamente). Sin embargo, es posible que la baja densidad de camarones hiciera difícil su detección y captura por parte de *C. sapidus*. Experimentos de microcosmos sobre las bases conductuales de la selección de *L. setiferus* por parte de *C. sapidus* (Mascaro *et al.*, 2003) mostraron que la probabilidad de captura y la saciedad son los factores que determinan la conducta selectiva de forrajeo de éstos depredadores, y explican en gran medida las tasas de consumo de camarones de diferente tamaño. La densidad de camarones utilizada en el presente trabajo, seguramente mantuvo la probabilidad de captura de los camarones muy por debajo de aquella observada en los dispositivos experimentales de microcosmos utilizados por los autores, y las jaibas consumieron otro tipo de alimento presente en los estanques.

El efecto de la competencia interespecífica sobre el tamaño de las poblaciones puede ser modulado por la presencia de un depredador (Carvajal *et al.*, 2005; Gause, 1934; Nybakken, 1997; Palomares, *et al.* 1995). Existen reportes en los que en una situación de competencia inter-específica, el efecto del depredador mantiene a la especie dominante en niveles poblacionales reducidos, modulando el efecto de la competencia sobre la especie menos dominante (Carvajal *et al.*, 2005; Gause, 1934; Nybakken, 1997; Palomares, *et al.* 1995) Suponiendo que *L. vannamei* fuese el competidor dominante, los resultados del presente trabajo mostraron que no hay un efecto modulador de la depredación en la sobrevivencia final de *L. setiferus*, ya que ésta fue similar en todos los tratamientos con y sin *L. vannamei* (Figura 15C). Estos experimentos no permiten establecer si la mortalidad de *L. vannamei* observada durante los experimentos fue causada por la depredación de *C. sapidus* (para ello se requeriría de un tratamiento control con únicamente *L. vannamei*), pero sugieren que las jaibas tuvieron una oferta diversa y abundante de presas para satisfacer su voracidad innata. Al respecto de esto, existen reportes sobre el carácter omnívoro y generalista de *C. sapidus* (Hsueh *et*

al., 1992; Hughes, 1990; Hughes y Seed, 1995; Rheinallt y Hughes, 1985), en los cuales se subraya la flexibilidad y amplitud del nicho trófico de ésta y otras especies del mismo género (Mascaró *et al.*, 2006).

La presencia de *C. sapidus* no tuvo un efecto significativo sobre la tasa de crecimiento en talla o peso de *L. setiferus*, ya que camarones de tallas y pesos iniciales similares que estuvieron solos y en presencia de jaibas adquirieron tallas y pesos finales similares, después de 28 y 42 días (experimento preliminar y experimento 2, respectivamente; Figura 5,6,16,18). Esto sugiere que la presencia de jaibas no modificó la conducta alimentaria *L. setiferus*, y que los camarones tuvieron un acceso al alimento disponible, una frecuencia de alimentación y una capacidad metabólica para asimilarlo tan buenas como si las jaibas estuvieran ausentes.

El análisis del crecimiento en talla y peso de *L. setiferus* en el experimento 2 tampoco demostró el efecto modulador de *C. sapidus* en la interacción competitiva entre las dos especies de camarones. Para que dicho efecto modulador pudiera ser verificado, la tasas de crecimiento de *L. setiferus* en presencia de *L. vannamei* y *C. sapidus* (tratamiento 4) tendrían que haber sido mayores que aquellas en presencia de únicamente *L. vannamei* (tratamiento 3; Tabla 4.1, 4.2, 4.3, 4.4; Figura 18).

En el escenario de que la presencia de *L. setiferus* tuviera un efecto negativo de sobre el crecimiento de *L. vannamei* (el primero de los escenarios antes descritos), *C. sapidus* jugaría el papel de un depresor del crecimiento y sobrevivencia de *L. vannamei* cuando las tres especies se encuentran juntas, ya que su presencia afectaría más la conducta alimentaria y de escape de *L. vannamei* que la de *L. setiferus*. Magallón-Gayón (2005) encontró que bajo presión de depredación por *C. sapidus*, *L. setiferus* prefiere los sustratos con arena-lodo, mientras que *L. vannamei* prefiere las áreas con cobertura vegetal

durante el día. Esto permiten sugerir que durante el experimento 2 *L. setiferus* y *L. vannamei* utilizaron diferentes microhábitats para refugiarse de *C. sapidus*. La falta de homogeneidad en las varianzas asociadas al porcentaje de camarones sobrevivientes, no permitió corroborar que ambas estrategias de escape resultaran eficientes en términos de su sobrevivencia media; pero sugieren que el efecto de *C. sapidus* estuvo relacionado con un aumento en la variabilidad de la sobrevivencia de *L. vannamei* (la varianza de S_{Final} de *L. vannamei* fue significativamente mayor en presencia que en ausencia de las jaibas: $C = 0.910$; $p < 0.05$; Figura 15C).

Con respecto al crecimiento, los resultados mostraron que las tasas de crecimiento en talla y peso de *L. vannamei* en presencia de *C. sapidus* (tratamiento 4) fue menor que sin las jaibas (tratamiento 3), pero estas diferencias no fueron significativas (Tablas 4.5., 4.6., 4.7, 4.8; Figuras 17,18). Si ante la presencia de *C. sapidus*, *L. vannamei* permanece mucho tiempo inactivo y enterrado, en tanto que *L. setiferus* permanece relativamente mas tiempo en actividades de alimentación (Magallón- Gayón, 2005), entonces la presencia de las jaibas debería tener un efecto mayor en las tasas de crecimiento de *L. vannamei* que de *L. setiferus*. Para corroborar esta hipótesis se requieren dos tratamientos control adicionales: uno con *L. vannamei* y *C. sapidus* y otro con únicamente *L. vannamei*. Experimentos futuros que involucren dichos tratamientos control y el tipo de sustrato como otro factor en el diseño experimental, pueden ayudar a esclarecer el papel que tiene el uso diferencial del sustrato como refugio, así como la alocación diferencial del tiempo de alimentación y la conducta de enterramiento de los camarones, en las interacciones competitivas entre ambas especies.

MEDIDA DE ESTRÉS FISIOLÓGICO (GLUCÓGENO)

El hepatopáncreas es uno de los órganos más complejos, especialmente en los decápodos, en los que presenta un buen desarrollo con apéndices formados por un largo, pero compacto conjunto de ductos con células especializadas regionalmente para diferentes funciones (Bliss *et al.*, 1990). De acuerdo con Al-Mohana, (1987) y Gibson (1979), las células B y R del hepatopáncreas son el sitio de degradación y almacenamiento de los nutrientes consumidos a través del alimento, y es el órgano donde se lleva a cabo la absorción, secreción y almacenamiento (Bliss *et al.*, 1990). Después de la ingestión, el almidón del alimento es degradado hasta glucosa, una parte de la cual es fosforilada y transportada al torrente sanguíneo, mientras que otra es utilizada en la síntesis de glucógeno. El glucógeno es la molécula de almacenamiento de carbohidratos (glucosa) en los crustáceos decápodos, y el hepatopáncrea es la glándula donde se acumula principalmente (Gibson y Barker, 1979).

De acuerdo con numerosos autores, el glucógeno en los crustáceos es utilizado principalmente como materia prima para la formación de la quitina (Gibson y Barker, 1979; Rosas *et al.*, 2000), o bien, es almacenado para la síntesis de otras moléculas. Tanto la síntesis como la degradación del glucógeno, varía a lo largo del ciclo de muda, y son procesos aparentemente regulados hormonalmente (Bliss *et al.*, 1990). Por estas razones, el glucógeno se ha considerado como un indicador de la capacidad de los camarones para almacenar esta molécula (Rosas *et al.*, 2000).

El crecimiento es una respuesta integradora en la cual se resumen las adaptaciones fisiológicas, bioquímicas y moleculares de los organismos, los cuales, en conjunto, nos ayudan a comprender los mecanismos adaptativos que operan en cada especie (Rosas *et al.*, 2000). Ante una situación de estrés, los organismos utilizan una mayor cantidad de reservas energéticas, principalmente carbohidratos, por lo que el glucógeno en los crustáceos

constituye un buen indicador de estrés fisiológico (Rosas *et al.*, 2000). Estudios con *L. vannamei* y *L. setiferus* realizados previamente en estanques similares a los del presente trabajo, pero a densidades de individuos mucho más elevadas (20 ind./m² a 40 ind./m²) (Rosas *et al.*, 2000; 2001) reflejan niveles de glucógeno similares a los registrados en este estudio (2.37 mg/ml).

De acuerdo con las pruebas estadísticas realizadas, no hay diferencias significativas en el glucógeno del hepatopáncreas de *L. setiferus* de ninguno de los tratamientos en los distintos experimentos realizados, apoyando el hallazgo general del presente estudio sobre la ausencia de un efecto negativo de la presencia de *L. vannamei* en el estado fisiológico de *L. setiferus*. Sin embargo, al comparar el glucógeno entre las dos especies, se encontró que *L. setiferus* almacenó mayores reservas energéticas que *L. vannamei* en el experimento 1. Estos resultados apoyan los estudios de Rosas (2000), que indican que *L. setiferus* utiliza con mayor intensidad los carbohidratos de la dieta, y está mejor adaptado para el aprovechamiento y almacenamiento de glucógeno que *L. vannamei*. Asimismo, estos resultados fortalecen la hipótesis de que la competencia interespecífica tuvo un efecto negativo en el estado fisiológico de *L. vannamei*, y no en el de *L. setiferus*.

Que no se hayan encontrado diferencias significativas en el glucógeno del hepatopáncreas entre especies durante el experimento 2, sin embargo, resulta difícil de explicar. Mientras que al final del experimento preliminar y el experimento 1, los camarones fueron transportados al laboratorio para ser sacrificados, al final del experimento 2, los camarones fueron sacrificados *in situ*. Aunque los valores de glucógeno registrados en este último experimento (2.84 mg/ml) estuvieron dentro del intervalo de los valores obtenidos en los dos experimentos anteriores (3.75 y 2.12 mg/ml, para el experimento preliminar y 1, respectivamente), cabe la posibilidad de que la manipulación de los organismos durante el muestreo haya provocado un estrés adicional, tal que los niveles de glucógeno registrados en el presente trabajo sean reflejo de una condición de estrés fisiológico agudo y momentáneo, y no de una condición crónica producto del tratamiento al que habían sido sometidos los organismos.

En tanto que los argumentos aquí expuestos fortalecen la hipótesis de que habiendo competencia, el competidor dominante fue *L. setiferus*, también parecen indicar que de haber dicha competencia, esta debe haber sido por recursos distintos al alimento. Es posible que las macroalgas y la biota asociada dentro de los estanques constituyeran una fuente diversa y abundante de alimento, haciendo que este recurso no solo no estuviera limitado, sino que estuviera en exceso y disponible para tanto camarones como jaibas. Esto permite suponer que los camarones no estuvieron ante una situación de limitación del alimento, y que antes de competir por los alimentos preferidos (cualesquiera que estos fueran) ambas especies consumieron los menos preferidos, y nunca llegaron a sufrir una condición de estrés nutricional. Un estudio realizado en la comunidad de peces de la laguna de Las Palmas (Castillo, 2005), una zona de distribución natural de *L. setiferus*, mostró que la abundancia de recursos alimenticios permite la coexistencia de diversas especies de peces con hábitos alimenticios muy similares. Aún cuando el alimento haya sido suficiente, es posible que el uso diferencial de la cubierta de macroalgas y arena dentro de los estanques, junto con las diferencias en la alocaación de tiempo para la alimentación y la búsqueda de refugio entre *L. setiferus* y *L. vannamei* pudieran ser el resultado de una competencia interespecífica por el sustrato. Esto implicaría que bajo condiciones que combinen distintos tipos de sustrato, los efectos de la competencia entre ambas especies serían menores que aquellas en las que sólo exista un tipo de sustrato. Una hipótesis como la anterior sólo podrá demostrarse en futuras investigaciones que consideren el tipo de sustrato como otro factor de variabilidad en el diseño experimental.

7. CONCLUSIONES

Este trabajo responde a una necesidad regional de obtener información valiosa sobre las posibles consecuencias de la invasión de especies no-nativas en sistemas ecológicos del Golfo de México y así proporcionar elementos objetivos y precisos para la toma de decisiones y para la aplicación de políticas adecuadas de medio ambiente y de desarrollo industrial. Es urgente contar con resultados científicos sólidos que permitan establecer criterios bien fundamentados para legislar sobre la construcción, operación, bioseguridad y volúmenes de producción de *L. vannamei* en las granjas de esta zona.

Las conclusiones del siguiente trabajo se resumen en:

- A) La presencia de *L. vannamei* no tiene un efecto significativo en la tasa de crecimiento en talla o peso, ni en la sobrevivencia final de *L. setiferus* en estas condiciones experimentales (experimento 1, experimento 2).
- B) La presencia de *C. sapidus* no tiene un efecto significativo en la tasa de crecimiento en talla o peso, ni la sobrevivencia final de *L. setiferus* en estas condiciones experimentales (experimento preliminar, experimento 2).
- C) La presencia de *C. sapidus* no jugó el papel de modulador de la interacción competitiva entre *L. setiferus* y *L. vannamei* (experimento 2).
- D) *L. setiferus* y *L. vannamei* presentaron una sobrevivencia final similar, pero *L. vannamei* presentó tasas de crecimiento en talla y peso significativamente mayores que *L. setiferus* en estas condiciones experimentales (experimento 1, experimento 2).
- E) Los resultados obtenidos de este conjunto de experimentos nos indican que no hay un efecto significativo del camarón no nativo (*L. vannamei*) sobre el

camarón blanco del Golfo de México (*L. setiferus*), pero sugieren que la presencia de *L. setiferus* si tiene un efecto negativo en el crecimiento en talla y peso de *L. vannamei*, aunque no en su sobrevivencia final.

F) Se sugiere que en presencia de *L. setiferus*, *C. sapidus* juegue un papel de depresor del crecimiento en talla y peso de *L. vannamei*, potenciando las consecuencias de un uso diferencial de los tipos de sustrato disponible y una alocaión diferencial del tiempo de alimentación y de la conducta de enterramiento de las dos especies.

G) El dispositivo de mesocosmos utilizado en el presente estudio resultó un método eficiente y adecuado, aunque perfectible, para probar hipótesis relacionadas con la interacción entre estas especies de camarón.

Aunque estos experimentos arrojan resultados importantes en términos de la sobrevivencia y crecimiento de *L. setiferus* ante la presencia de una especie no nativa, no deben considerarse exhaustivos ni suficientes para la toma de decisiones sobre la introducción de *L. vannamei* en la zona costera del Golfo de México, y se requieren mas investigaciones sobre el impacto ecológico y económico potencial de esta especie no nativa.

8. LITERATURA CITADA

Al-Mohana, S.Y. Nott, J.A. 18987. R cells and the digestive cycle in *Panesus semisulcatus* (Crustacea, Decapoda). *Marine Biology* 95: 129-137.

Anderson, R.K. Parker, P.L. Lawrence, A.L. 1987. Tracer Study of the Utilization of Present Feed by a Commercial Important Shrimp *Penaeus vannamei* in a Pond Grow out System. *Journal of the World Aquaculture Society* 18: 149 -155.

Arosamena, M. 1976. Influencia de la salinidad y corrientes en la motilidad del camarón. Memoria del simposio sobre biología y dinámica poblacional de camarones Guaymas, Son., del 8 al 9 de Agosto 1: 24-28.

Arosamena, M. 1976. Ritmo alimenticio en los camarones *Penaeus stylirostris* y *P. californiensis*, con relación a la temperatura. Memoria del simposio sobre biología y dinámica poblacional de camarones Guaymas, Son., del 8 al 9 de Agosto 1: 89-93.

Barbeau, M.A. Scheibling, R.E. 1994. Behavioural mechanisms of prey size selection by sea stars (*Asterias vulgaris* Verrill) and crabs (*Cancer irroratus* Say) preying on juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus* (Gmelin)). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 180: 103-136.

Begon, M. Harper, J.L. Townsend, C.R. 1986. *Ecology: individuals, populations and communities*. Sinauer Associate publisher. Sunderland Massachusetts. Pp: 876.

Begon, M. Harper, J.L. Townsend, C.R. 1990. *Ecology: individuals, populations and communities*. Segunda edición. Sinauer Associate publisher. Sunderland Massachusetts. Pp:876.

Bliss, D.E. 1990. *Shrimps, lobsters and crabs*. Columbia University Press. Nueva York. Tomo 5. Pp:242.

Brush, M.A. 1972. Notes on distribution, size, and ovarian development of some Penaeid shrimp in the Northwestern gulf of México, 1961-1962. *Contribution in Marine Science* 16: 72-87.

Castille, F.L. Lawrence, A.L. 1989. The effect of deleting dietary constituents from pelleted feed on the growth of shrimp on the presence of natural food in ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 20(1): 22 A.

Carvajal R.I. Saavedra, M. y Alava J.J. 2005. Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la "Reserva de

producción de fauna manglares El Salado” del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40(2): 141-150.

Chávez, E.A. De La Cruz, C. 1973. Estudio de la tasa de crecimiento del camarón blanco (*P. vannamei boone*) en la región sur del Golfo de California. *Ciencia Mexicana* 28(2): 79-85.

Chapman, D.G., 1961 Statistical problems in dynamics of exploited fisheries populations. *Proc. Berkeley Symp. Math. Stat. Probab* (4) 4:153-68.

Chiu, I.L. Chien, H.Y. 1992. Juvenile *Penaeus monodon* as an Effective Zooplankton Predator. *Aquaculture* 103: 35 -44.

Cote, J. Rakocinski, C.F. Randall, T. A. 2001. Feeding efficiency by juvenile blue crabs on two common species of micrograzer snails. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 264: 189-208.

Crayford, J.T. Goss-Custard, J.D. 1990. Seasonal changes in the size selection of mussels, *Mytilus edulis*, by oystercatchers, *Haematopus ostralegus*: an optimality approach. *Animal Behaviour* 40: 609-624.

Darryl, E. J. 2001. Manejo integral del alimento del Camarón, de estanques de producción camaronera, y principios de bioseguridad. Curso Lance en acuicultura, 23-30 marzo. Monterrey Nuevo León, México. Pp: 66.

Ebling, F.J. Kitching, J.A. Muntz, L. Taylor, C.M. 1964. The ecology of Loch Ine, XIII. Experimental observations of the destruction of *Mytilus edulis* and *Nucella lapillus* by crabs. *Journal of Animal Ecology* 33: 73-82.

Smith, H.S. 1935. The role of biotic factors in the determination of population densities. *Journal Econ. Entomology* 28: 873-898

Eggleston, D.B. Lipcius, R.N. Hines, A.H. 1992. Density-dependent predation by blue crabs upon infaunal clam species with contrasting distribution and abundance patterns. *Marine Ecology Progress Series* 85 (1-2): 55-68.

Flores-Coto, C. Pérez-Argudín, M. 1991. Efecto de la marea en el paso de larvas de Sciaenidos (Pisces) en Boca del Carmen, laguna de términos, Campeche. *Anales del instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 18 (1): 25-35.

García, S. Le Reste, L. 1987. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. Centro de Investigaciones Oceanográficas, Dakar Senegal. Departamento de Pesca, informe de pesca FAO 203: 180p.

Gause, G.F. 1934. *The struggle for existence*. Macmillan Hafner Press. Nueva York. Pp: 176.

- Gibson, R. Barker, P.L. 1979. The decapods hepatopáncreas. *Oceanographic Marine Biology* 17: 285-346.
- Giles, J.H. Zamora, G. 1973 Cover as a factor in habitat selection by juvenile brown (Penaeus aztecus) and white (P. setiferus) shrimp. *Transactions of the American Fisheries Society* 102: 144-145.
- Giller, P.S. 1984. *Community structure and the niche*. Chapman & Hall, London. Pp: 176.
- Gunter, G. 1950. Seasonal population changes and distributions as related to salinity, of certain invertebrates of Texas coast, including the commercial shrimp. *Publisher Institute Marine Science, Universidad de Texas* 1(2): 7-31.
- Howard, L.O. Fiske, W.F. 1911. The importation into the United States of the parasites of the gipsy-moth and brown-tail moth. *U.S. Dept. Agri., Bur. Entomol., Bull.* 91
- Hendrix, M.E. 1996. Los camarones Penaeoidea Bentonicos (Crustacea: Decapoda: Dendrobranquiata) del Pacífico Mexicano. *Comision Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad ICML, UNAM*. Pp: 149.
- Hildebrand, H.H. 1954. A study of the fauna of the Brawn shrimp (Penaeus aztecus Lves) grounds the western Gulf the Mexico. *Publications of the Institute of Marine Science* 3:233-366.
- Hildebrand, H.H. 1955. A study of the fauna of the pink shrimp (Penaeus doradum Burkenroad) grounds in the Gulf of Campeche. *Publications of the Institute of Marine Science* 4: 171-232.
- Hsueh, P.W. McClintock, J.B. Thomas, S.H. 1992. Comparative study of the diets of the blue crabs Callinectes similis and C. sapidus from a mud-bottom habitat in Mobile Bay, Alabama. *Journal of Crustacean Biology* 12: 615-619.
- Hughes, R.N. 1990. *Behavioural mechanisms of food selection*. Springer-Verlag, New York. Pp: 886.
- Hughes, R.N. Seed, R. 1995. Behavioural mechanisms of prey selection in crabs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 193: 225-238.
- Jordan, F. Bartolini, M. Nelson, C. Petterson, P.E. Souten, H.L. 1996. Risk of the predation effects habitats selection by the pinfish *Lagodon rhomboides* (Linnaeus). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 208: 45-46.
- Kneib, R.T. 1995. Behaviour separates potential and realized effects of decapod crustaceans in salt marsh communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 193: 239-256.
- Kramer, J. M. Brockmann, U.H. Warwick, R.M. 1994. *Tidal Estuaries: manual of sampling and analytical procedures*. Brusels-Luxemburg impreso en Netherlands. Publisher for the European Commission. Pp: 304.

Krebs, Ch.J. 1978. Ecology the experimental analysis of distribution and Abundance. Segunda edición. Harper & Row Publishers. Neva York. Pp: 678.

Keddy, P.A. 1989. Competition. Champan & Hall. Londres. Pp:202.

Lawton, P. Zimmer-Faust, R.K. 1992. Context-sensitivity in crab foraging studies. American Zoology. 32: 396-404

Lehtinen, K. J. Mattsson, K. Tana, J. Grotell, C. Engström, C. 1998. Effects on ecosystem structure and function of fish farming simulated in littoral brackish water mesocosms. Aquaculture 165: 179-202.

Liss, J.W., Warren, Ch. 1998. Ecology of Aquatic Systems. Capitulo 3. Pp: 41-80.

Macia, A. Abrantes, K.G.S. Paula, J. 2003. Thorn fish *Terapon jarbua* (Forskål) predation on juvenile white shrimp *Penaeus indicus* H. Milne Edwards and brown shrimp *Metapenaeus monoceros* (Fabricius): the effect of turbidity, prey density, substrate type and pneumatophore density. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 291: 29-56.

Magallón- Gayón, E. 2005. Selección de microhábitat por juveniles de *Litopenaeus setiferus*: efecto del tipo de sustrato, la presencia de un depredador (*Callinectes sapidus*) y un competidor (*Litopenaeus vannamei*) potencial. Tesis de licenciatura, por la Facultad de Ciencias, UNAM. Pp: 51.

Mansour, R.A. Lipcius, R.N. 1991. Density-dependent foraging and mutual interference in blue crabs preying upon infaunal clams. Marine Ecology Progress Series 72: 239-246.

Martínez-Córdoba, L. Barraza R. Pastén, N. 1997. Abundance, composition and nutritional contribution of zooplankton in fertilized and unfertilized shrimp aquaculture ponds with different feeding rates. Journal of Aquaculture in the tropics 12 (1): 23-24.

Martínez-Córdoba, L. Campaña-Torres, A. Porchas-Cornejo, M. 2002. Promotion and Contribution of biota in low water exchange pond farming blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. Aquaculture reserchs 33: 27-32.

Martínez-Córdova, L.R. Ezquerro-Brauer, M. Bringas-Alvarado, L. Aguirre-Hinojosa, E. Garza-Aguirre, Ma. del C. 2003. Optimización de Alimentos y Prácticas de Alimentación en el Cultivo de Camarón en el Noroeste de México. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora; Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora.

Mascaró, M. Hidalgo, L.E. Chiappa-Carrara, X. Simoes, N.. 2003. Size-selective foraging behavior of blue crabs, *Callinectes sapidus* (Rathbun), when feeding on mobile prey: active and passive components of predation. *Marine and freshwater Behavior and Physiology* 36: 143-159.

Mascaró, M. Magallón, E. Chiappa-Carrara, X. Hidalgo, L.E. Simoes, N.2006. Effect of predation and competition pressure on microhabitat selection by juvenile *Litopenaeus setiferus* and *L. vannamei*. Book of Abstracts XI Congress of the International Society for Behavioural Ecology, 24 al 28 de julio, Tours, Francia.

Mathew, C. 2001. Modeling and the monitoring of mesocosmos experiments: two case studies 23 (10). Pp: 1081-1093.

Minello, T.J. Zimmerman, R.J. 1985. Differential selection for vegetative structure between juvenile brown shrimp (*Penaeus aztecus*) and White shrimp (*Penaeus setiferus*) and implications in predator-prey relationships. *Estuarine, coastal and shelf science* 20: 707-716.

Minello, T.J. Zimmerman, R.J. 1991. The role of Estuarine Habitats in regulating Growth and survival of Juvenile Penaeid Shrimp. In DeLoach, P.W.J., Dougherty and M.A. Daneldsen (eds.) *Frontiers in Shrimp research*. Elsevier Science publishers B.V. Amsterdam. Pp: 1-16.

Molina, C. Cadena, E. Orellana, F. 2000. Alimentación de camarones en respuesta a la actividad enzimática como una respuesta natural al ritmo circadiano y ciclo de muda. In: Cruz Suarez, L.E. Rique-Marie, D. Tapia-Salazar, M. Olvera- Novoa, M.A. y Civeda- Cereceo, R. (Eds.) *Avances en nutrición acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola 19-22 Noviembre 2000*. Mérida, Yucatan México. Pp:358-380.

Morris, A.W (ed).1983. *Practical procedures for estuarine studies: a handbook prepared by the estuarine Ecology group of the Institute for Marine Environmental, Research*. IMER, Plymouth. Pp: 262.

Navarrete, A. P. Uribe, J.A.M. 1993. Evaluación de la pesquería industrial de camarón de alta mar del puerto de Campeche, México, en el periodo 1981 a 1990. *Ciencia Pesquera* 10: 33-42.

Neal, R.A. Maris, R.C. 1985. *Fisheries biology of shrimps and shrimplike animals. The biology of crustacean, economics aspects: fisheries and culture*. Academic Press. Nueva York 10: 15-42.

Nybakken, J.W. 1997. *Marine Biology an Ecological Approach*. Addison – Wesley Educational Publishers Inc, cuarta edición. Pp: 481.

Occhipinti-Ambrogi, A. Savini D. 2003. Biological invasions as a component of global change in stressed marine ecosystems. University of Pavia. Marine Pollution Bulletin 46 (5): 542–551.

Occhipinti-Ambrogi, A. Galil, B. S. A. 2004. Uniform terminology on bioinvasions: a chimera or an operative tool?. University of Pavia. P.O.B. 8030, Haifa. Marine Pollution Bulletin 31081 49(9-10): 688-694.

Odum, E.P. 1984. The mesocosm. BioScience 34 (9): 558-562.

Odum, E.P. 1976. Ecología estructura y function de la naturaleza, los modernos principios del flujo de energía y ciclos biogeoquímicos. 12ava impression. Pp: 189.

Paine, R.T. 1976. Size limited predation: an observational and experimental approach with the *Mytilus-Pisaster* interaction. Ecology 57: 858-873.

Palomares, F. Gaona, P. Ferreras, P. Delibes, M. 1995. Positive Effects on Game Species of Top Predators by Controlling Smaller Predator Populations: An Example with Lynx, Mongooses, and Rabbits. Conservation Biology Volumen 9. Pp: 295.

Pérez-Farfante, I. 1970. Claves ilustradas para la identificación de camarones comerciales de América Latina. Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras, Comisión Nacional Constitutiva de Pesca. Series de Divulgación Instructivo 3:50. Pp: 48.

Pérez-Farfante, I. Kensley, B. 1997. Penaeoid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World: Key and Diagnoses for the Families and Genera. Tomo 175. Pp: 233.

Per-Olav, M.2005. Interference competition for space in nursery habitats: density-dependent effects on growth and dispersal in juvenile shore crabs *Carcinus*. Department of Marine Ecology, Göteborg University, Kristineberg Marine Ecology Progress Series 281: 181-191.

Pielou, E.C. 1974. Population and community ecology. Gordon & Breach. New York. Pp: 424.

Phleger, F. B. Ayala-Castañares, A. 1971. The American Association of Petroleum Geologist Bulletin. Process and history of Terminos lagoon. Mexico 55 (12): 2130-2140.

Raffaelli, D.G. Milne, H. 1987. An experimental investigation of the effects of shorebird and flatfish predation on estuarine invertebrates. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 24: 1-13.

Ramos-Paredes, J. Grijalva –Chon, J.M. 2003. Allozima genetic analysis in hatchery strains and wild blue shrimp, *Panaeus* (*Litopenaeus*) *stylirostris* (Stimpson) from the Gulf of California. *Acuaquulture Research* 34: 221-234.

Reid, K.G. Wood, R. D. 1976. Ecology of inland waters and estuaries. Segunda edición. Pp: 485.

Rosas, C. 1989. Aspectos de la Ecofisiología de las jaibas *Callinectes sapidus*, *Callinectes rathbunae* y *Callinectes similis* de la Laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis Doctoral por la Unviersidad Nacional Autónoma de México. Pp: 53.

Rosas, C. Sánchez, A. Díaz, E. Soto, L.A. Gaxiola, G. Brito, R. 1996. Effect of dietary protein level on apparent heat increment and post-prandial nitrogen excretion of *Penaeus setiferus*, *P. schmitti*, *P. duorarum* and *P. notialis* postlarvae. *Journal of The World aquaculture Society* 27: 92-102.

Rosas, C.. Ocampo, L. Gaxiola, G. Sanchez, A. Soto, L.A. 1999. Effect of salinity on survival, growth and oxigen consumption of postlarvae (PI 10-PI21) of *Penaeus setiferus*. *Journal of Crustacean biology* 19:244-251.

Rosas, C. Cuzon, G. Taboada, G. Pascual, C. Gaxiola, G. Van Wormhoudt, A. 2000. Effect of dietary protein and energy levels (p/E) on growth, oxygen consumption, hemolymph and digestive gland carbohydrates, nitrogen excretion and osmotic pressure of *Litopenaeus vannamei* and *L. setiferus* juveniles (Crustacea, Decapoda ; Penaeidae). *Aquaculture Research*.

Rosas, C. Cuzon, G. Taboada, G. Pascual, C. G. Gaxiola, A. Van Wormhoudt. 2001. Effect of dietary protein and energy levels (p/E) on growth, oxygen consumption, hemolymph and digestive gland carbohydrates, nitrogen excretion and osmotic pressure of *Litopenaeus vannamei* and *L. setiferus* juveniles (Crustacea, Decapods; Penaeidae). *Aquaculture Research* 32:1-20.

Roseberry, R. 1998. World Shrimp Farming. San Diego, Ca: Shrimp News International 11. Pp: 311.

Ruiz, A.M. Lopez, R.W. 1975. Incidencia de Post larvas de Camarones pertenecientes al género *Penaeus* en la Bahía de Campeche, México. Tesis de licenciatura, por la UNAM. Pp: 81.

- Ruiz, M.F. 1993. Recursos pesqueros de las costas de México, su conservación y manejo socioeconómico. Tercera edición. Limusa. México.283pp.
- Sanchez-Artega, A.B. 2001. Variables metabólicas de la hemolinfa, respuesta inmune y balance energético de machos adultos de *L. setiferus* durante la aclimatación (Crustàcea, Cecàpoda, Penaeidae). Tesis de Posgrado por la Facultad de Ciencias. División de estudios de Posgrado. Pp: 74.
- Sandifer, P.A. Hopkins, J.S. Stokes, A.D. Browdy, C.L. 1993. Preliminary comparisons of the native *Penaeus setiferus* and Pacific. *L.vannamei* white shrimp for pond culture in South Carolina, USA. *Journal of the World Aquaculture Society* 24: 295-3003.
- Seed, R. Brown, R.A. 1978. Growth as a strategy of survival in two marine bivalves, *Cerastoderma edule* and *Modiolus modiolus*. *Journal of Animal Ecology* 47: 283-292.
- Seed, R. 1990. Behavioural and mechanical aspects of predation by the swimming crab *Thalamita danae* on the green-lipped mussel *Perna viridis*. In: Barnes, M. & R.N. Gibson (eds.) *Trophic Relationships in the Marine Environment* Aberdeen University Press. Pp: 528-540.
- Semarnat, Secretaria de Marina y Recursos Naturales. 2002. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. México. Pp: 275.
- Sepúlveda-Medina, A. 1976. Crecimiento y Mortalidad de camarón blanco (*P. vannamei* Boone) en el sistema lagunar Huizache –Caimanero, Sin. durante la temporada 1974-1975. Memorias del Simposio sobre biología y dinámica de camarones Guaymas, Son. Del 8 al 13 de Agosto. Pp: 1-13.
- Springer, S. Bullis, H.R. 1954. Exploratory shrimp fishing in the Gulf of México. Summary Report for 1952-1954. *Commission Fisheries Review* 16: 1-16.
- Soto, L.R. 1969. Mecanismo Hidrológico del Sistema Lagunar Huizache-Caimanero y su influencia sobre la producción camaronera. Tesis professional. UABC, Ensenada. Pp:75.
- Tapia-García, M. Gutierrez, B.1998. El golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Recursos pesqueros del estado de Oaxaca y Chiapas. Universidad Nacional Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Pp: 149-162.
- Underwood, A.J. 1997. *Experiments in Ecology: their logical desing and interpretation usin analysis of variance.* Cambridge University. Nueva York. Pp: 450.
- Van Wormhoudt, A. Sellos, D. 2003. Highly variable Polymorphism of the alfa-amylase Gene Family in *Litopenaeus vannamei* (Crustacea : Decapoda). *Journal Molecular Evolution* 57: 69-671.

Virnstein, R.W. 1977. The importance of predation by crabs and fishes on benthic infauna in Chesapeake Bay. *Ecology* 58: 1199-1217.

Wikins, J.F. 1976. Prawn biology and culture. Aberdeen University Press. *Oceanographic Marine Biology* 14: 435-507.

William J. Resetarits Jr., J. B. 1998. Experimental Ecology Issues and perspectives. Lawler, Sh. P. *Ecology in a Bottle using Microcosms to test theory*. Oxford University press. Pp: 236-256.

Williams, A. B. 1984. Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida. Pres. Washington, D. C. Smith Instute. Pp:550.

Williams, P. J. B. Egge, J.K. 1998. The management and behaviour of the mesocosms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 46: 3-14.

Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Cuarta edición. Pientice Hall Oppe Saddie River. Nueva Jersey. Pp: 929.