



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

**Unidad Académica Mazatlán
Universidad Nacional Autónoma de México**



**CAPTURA INCIDENTAL DE POSTLARVAS DE PENEIDOS Y
LARVAS DE ESPECIES DE INTERES COMERCIAL DURANTE EL
BOMBEO EN GRANJAS CAMARONÍCOLAS DEL SISTEMA
LAGUNAR SANTA MARIA, SINALOA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGIA MARINA)**

P R E S E N T A

L. BIOL. AC. CARMEN CRISTINA OSUNA MARTINEZ

**DIRECTORES DE TESIS: Dr. Adolfo Gracia Gasca
Dr. Federico Páez Osuna**

**COMITÉ TUTORAL: Dr. José Antonio Calderón Pérez
Dr. Samuel Gómez Noguera**

Mazatlán, Sinaloa septiembre de 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

**Unidad Académica Mazatlán
Universidad Nacional Autónoma de México**



Tesis realizada en el laboratorio de Biología de Crustáceos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, Unidad Académica Mazatlán.

Directores de Tesis:

Dr. Adolfo Gracia Gasca

Dr. Federico Páez Osuna

Jurado de Examen:

Presidente: Dr. Adolfo Gracia Gasca

Secretario: Dr. Federico Páez Osuna

Vocal: Dr. José Antonio Calderón Pérez

Suplente: Dr. Samuel Gómez Noguera

Suplente: Fernando Nuno Dias Marques Simoes

A Javier y Lenin

*"Uno es el que debe acabar con la maestría...
... y no dejar que la maestría acabe con uno"
Dr. Salvador Organista (q.e.p.d.).*

*"Hay que seguir leyendo libros de diferentes temas,
no sólo lo relacionado con la maestría"
Menc Gildardo Izaguirre Fierro.*

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (ICMyL-UNAM) por haberme abierto las puertas para continuar con mi formación profesional en la Unidad Académica Mazatlán.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Dirección General de Estudios de Posgrado (UNAM) por haberme apoyado para la realización del presente trabajo.

A mis directores de tesis Dr. Adolfo Gracia Gasca y Dr. Federico Páez Osuna por la orientación que me brindaron y sus consejos. Porque a pesar de las inconveniencias me ayudaron a salir adelante. Para ambos va mi respeto y reconocimiento.

A mis asesores, el Dr. José Antonio Calderón Pérez por las observaciones hechas a este trabajo y por el espacio que me brindó en el laboratorio a su cargo; y el Dr. Samuel Gómez Noguera por las acertadas correcciones que me indicó. A ambos por su amistad.

Al Dr. Fernando Nuno Dias Marques Simoes, por haber sido parte de mi jurado de examen, por sus observaciones y correcciones al presente trabajo.

Al Maestro en Ciencias Sergio Rendón Rodríguez por toda la ayuda que me brindó durante las diferentes etapas en la realización de mi tesis, por sus consejos, por haber confiado en mí, pero más que nada por ser mi amigo.

A María Clara Ramírez Jáuregui y a Pedro Allende Rosales por la ayuda que me brindaron en la búsqueda y acopio de material bibliográfico, así como al Mat. Germán Ramírez Reséndiz, al Lic. Carlos Suárez Gutiérrez y a la Lic. Herlinda por su asesoría en el manejo de programas de cómputo y la elaboración de mapas y gráficos.

A Margarita Cordero Ruíz por su eficiente ayuda en la gestión de los trámites necesarios durante mis estudios, desde el ingreso hasta la titulación, así como por

mantenerme siempre informada de mi situación académica. Magali muchas gracias, sobre todo por tu amistad.

A mis profesores, los Doctores Carlos Green, Yovany Montaña, Carolina Ruíz, Rosalba Alonso, Martín Soto, Emilio Macías, Felipe Amescua, Hugo Reyes y Juan Madrid por haber participado en mi formación académica y por sus aportaciones a mi trabajo de tesis. Agradezco también a Natalia, Marcela, Olivia, Octavio, Esteban, don Lucio y al resto del personal que labora en la unidad, por su apoyo y amistad.

A los alumnos Alejandro del Río y Roberto Rey por su ayuda y apoyo con el muestreo nictimeral y a mi amigo Alberto Rodríguez por la gran ayuda que me brindó en la realización de los muestreos mensuales, así como en la identificación de larvas de peces.

A mis compañeros y amigos de la maestría por toda su ayuda y el apoyo que me brindaron durante estos 2 años, no sólo como compañeros, sino como verdaderos amigos. Especialmente a Clarissa Soto e Iván Martínez; porque el tiempo que aquí compartimos juntos fue un buen “pretexto” para conocerlos mejor, así como a Daniel Moreno, Dulce Borrego, Pablo Zamorano (para la amistad también aplica “más vale tarde que nunca”) Marifer Calderón y Luis Vásquez; para mí es un gusto haberlos conocido.

A mis profesores de licenciatura, el Maestro en Ciencias Gildardo Izaguirre Fierro y el Dr. Salvador Organista (q.e.p.d.) por sus consejos y, más que nada por aquellas frases que nunca olvidé durante este tiempo y que me sirvieron mucho durante los momentos más difíciles.

A mis padres, Cristina Martínez y Miguel Osuna, por el apoyo y amor que me han brindado durante toda mi vida, así como a mis hermanos Miguel y Edgar.

A mi esposo Javier Ayala y a mi hijo Lennin, porque me dieron la fuerza para seguir adelante en cada momento, sobre todo por su paciencia y comprensión. Más que nada por su amor y porque para mí, sin ustedes dos, este trabajo no vale nada.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. General.....	14
3.2. Particulares.....	14
4. HIPÓTESIS.....	15
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	17
6. METODOLOGÍA.....	20
6.1. Muestreo.....	20
6.1.1. Muestreos mensuales.....	20
6.1.2. Muestreo nictimeral.....	21
6.2. Trabajo de laboratorio.....	23
6.3. Estimación de organismos succionados.....	25
6.4. Ajuste a la estimación, considerando el muestreo nictimeral.....	25
6.5. Estimación de pérdidas anuales en la pesquería (modelación).....	25
7. RESULTADOS.....	28
7.1. Muestreos mensuales.....	28
7.2. Muestreo nictimeral.....	34
7.3. Escenario 1: Estimación de organismos succionados.....	48
7.3.1.1. Postlarvas y juveniles de camarones peneidos, ciclo prim-ver.....	49
7.3.1.2. Postlarvas y juveniles de camarones peneidos, ciclo ver-oto.....	51

7.3.2.1. Larvas de peces de importancia comercial, ciclo prim-ver.....	53
7.3.2.2. Larvas de peces de importancia comercial, ciclo ver-oto.....	55
7.3.3.1. Larvas de portúnidos, ciclo prim-ver.....	57
7.3.3.2. Larvas de portúnidos, ciclo ver-oto.....	58
7.4. Escenario 2: Ajuste a la estimación al considerar el muestreo nictimeral	61
7.5. Estimación de pérdidas anuales en la pesquería de camarón.....	66
8. DISCUSION.....	71
9. BIBLIOGRAFIA.....	77

LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig. 1. Ciclo de vida general de los camarones de la familia Penaeidae: a) huevo, b) nauplio, c) protozoa, d) mysis, e) postlarva planctónica, f) postlarva bentónica, g) juvenil, h) adulto (tomado de Gracia, 1992).....	3
Fig. 2. Postlarvas de camarones peneidos y larvas de peces de diferentes tallas capturadas en el reservorio (después de la bomba) durante el muestreo nictimeral.....	6
Fig. 3. Mapa de la ubicación del sistema lagunar Santa María - La Reforma en el estado de Sinaloa y de las granjas camaronícolas asociadas a este sistema.....	19
Fig. 4. Sitios de muestreo: 1) estero Yameto, 2) estero El Mezquite, 3) estero El Mezquite Canal de Llamada, 4) estero Las Vírgenes, 5) estero Las Vírgenes Canal de Llamada, 6) estero Copalitos, 7) estero Copalitos Canal de Llamada, 8) granja "Acuavisión" Canal de Llamada y 9) granja "El Camarón" Canal de Llamada. Las 2 últimas estaciones ubicadas en el estero La Tuza.....	20
Fig. 5. Promedios de salinidad y temperatura registrados durante los muestreos mensuales.....	28
Fig. 6. Porcentajes promedio de organismos de importancia comercial encontrados, por grupo, globalmente durante los 13 muestreos mensuales efectuados en las nueve estaciones elegidas en el área de estudio, de junio de 2003 a julio de 2004.....	29
Fig. 7. Porcentajes promedio de camarones peneidos encontrados, por especie, globalmente durante los 13 muestreos mensuales efectuados en las nueve estaciones elegidas en el área de estudio, de junio de 2003 a julio de 2004.....	30
Fig. 8. Abundancia de postlarvas y juveniles de camarones peneidos en las diferentes estaciones, durante cada muestreo mensual en el área de estudio (pls = postlarvas; juv = juveniles).....	31
Fig. 9. Porcentaje relativo de postlarvas y juveniles de camarones peneidos capturados por especie, durante el muestreo mensual en el área de estudio.....	32
Fig. 10. Porcentajes promedio de las larvas de las diferentes familias de larvas de peces de importancia comercial, encontradas globalmente durante los 13 muestreos mensuales efectuados en las 9 estaciones en el área de estudio.....	33
Fig.11. Variaciones de temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mg/L) con respecto al nivel de marea, registradas durante el muestreo nictimeral en el canal de llamada de la granja, durante las horas de bombeo.....	35
Fig. 12. Porcentajes de los grupos de organismos capturados en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b) durante el muestreo nictimeral en las horas de bombeo.....	37

Fig. 13.	Porcentajes relativos de las especies de camarones peneidos recolectados en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b) en el muestreo nictimeral durante las horas de bombeo.....	38
Fig. 14.	Densidad de camarones peneidos en función del nivel de marea en el canal de llamada y en el agua de bombeo en el muestreo nictimeral durante las horas de bombeo.....	39
Fig. 15.	Densidades de camarones peneidos recolectados en el canal de llamada y en el agua bombeada durante el muestreo nictimeral en las horas de bombeo.....	40
Fig. 16.	Densidades de postlarvas (pl`s) y juveniles (juv) de camarones peneidos en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b) durante el muestreo nictimeral en las horas de bombeo.....	42
Fig. 17.	Porcentajes relativos de las familias de larvas de peces de importancia comercial encontradas durante el muestreo nictimeral en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b).....	43
Fig. 18.	Densidad de larvas de peces en función del nivel de marea en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b) durante las horas de bombeo.....	44
Fig. 19.	Densidad de larvas de peces recolectadas en el canal de llamada y en el agua de bombeo durante el muestreo nictimeral.....	45
Fig. 20.	Densidad de portúnidos en función del nivel de marea en el canal de llamada y en el agua de bombeo durante el muestreo nictimeral.....	46
Fig. 21.	Densidad de portúnidos recolectados en el canal de llamada y en el agua de bombeo durante el muestreo nictimeral.....	47
Fig. 22.	Estimación de postlarvas y juveniles de camarones peneidos presumiblemente succionados durante el ciclo primavera-verano.....	50
Fig. 23.	Estimación de postlarvas y juveniles de camarones peneidos presumiblemente succionados durante el ciclo verano-otoño.....	52
Fig. 24.	Total de postlarvas de camarones peneidos potencialmente succionados en cada uno de los ciclos de cultivo.....	53
Fig. 25.	Estimación de larvas de peces de importancia comercial succionadas durante el ciclo primavera-verano.....	54
Fig. 26.	Estimación de larvas de peces de importancia comercial succionadas durante el ciclo verano-otoño.....	56
Fig. 27.	Total de larvas de peces de importancia comercial succionadas en cada un de los ciclos de cultivo.....	57
Fig. 28.	Estimación de portúnidos succionados durante el ciclo primavera-verano..	58
Fig. 29.	Estimación de portúnidos succionados durante el ciclo verano-otoño.....	60
Fig. 30.	Total de portúnidos succionados en cada un de los ciclos de cultivo.....	60
Fig. 31.	Postlarvas de camarones peneidos en el agua de bombeo, en relación con aquellas encontradas en el canal de llamada, durante las horas de bombeo.....	61
Fig. 32.	Larvas de peces comerciales en el agua de bombeo, en relación con aquellas encontradas en el canal de llamada, durante las horas de bombeo.....	63
Fig. 33.	Larvas de portúnidos en el agua de bombeo, en relación con aquellas encontradas en el canal de llamada, durante las horas de bombeo.....	63

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Especificaciones generales de bombas axiales.....	24
Tabla 2. Variaciones de nivel de marea, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante las horas del muestreo nictimeral.....	34
Tabla 3. Promedios de postlarvas de camarones peneidos encontradas en las 9 localidades durante los meses del ciclo primavera-verano.....	50
Tabla 4. Postlarvas de camarones peneidos presumiblemente succionadas durante el ciclo primavera-verano.....	50
Tabla 5. Promedios de postlarvas y juveniles de camarones peneidos encontradas en las 9 localidades durante los meses del ciclo verano-otoño.....	51
Tabla 6. Postlarvas y juveniles de camarones peneidos succionadas durante el ciclo verano-otoño.....	52
Tabla 7. Promedios de larvas de peces de importancia comercial encontradas en las 9 localidades durante los meses del ciclo primavera-verano.....	53
Tabla 8. Larvas de peces de importancia comercial succionadas durante el ciclo primavera-verano.....	54
Tabla 9. Promedios de larvas de peces de importancia comercial encontradas en las 9 localidades durante los meses del ciclo verano-otoño.....	55
Tabla 10. Larvas de peces de importancia comercial succionadas durante el ciclo verano-otoño.....	55
Tabla 11. Promedios de portúnidos encontrados en las 9 localidades durante los meses del ciclo primavera-verano.....	57
Tabla 12. Portúnidos succionados durante el ciclo primavera-verano.....	58
Tabla 13. Promedios de portúnidos encontrados en las 9 localidades durante los meses del ciclo verano-otoño.....	59
Tabla 14. Portúnidos succionados durante el ciclo verano-otoño.....	59
Tabla 15. Proporción de postlarvas de camarones peneidos que se encontraron en el agua de bombeo con respecto a las que se encontraron en el canal de llamada.....	62
Tabla 16. Número de postlarvas de camarón cuantificadas en el canal de llamada y las succionadas en cada fase del ciclo de cultivo.....	64
Tabla 17. Número de larvas de peces de importancia comercial cuantificadas en el canal de llamada y las succionadas en cada fase del ciclo de cultivo.....	64
Tabla 18. Número de larvas de portúnidos cuantificados en el canal de llamada y las succionadas en cada fase del ciclo de cultivo.....	65
Tabla 19. Datos utilizados en el modelo de Thompson y Bell basado en la edad cuyos datos de entrada corresponden a los peneidos capturados por la succión de las bombas en la parte sur del sistema lagunar Santa María, en el escenario 1.....	67
Tabla 20. Datos utilizados en el modelo de Thompson y Bell basado en la edad cuyos datos de entrada corresponden a los peneidos capturados por la succión de las bombas en la parte sur del sistema lagunar Santa María, en el escenario 2.....	68

Tabla 21. Datos utilizados para el modelo de Tompson y Bell basado en la edad, cuyos datos de entrada corresponden a larvas de peces de la familia Gerreidae, capturados por la succión de las bombas en la parte sur del sistema lagunar Santa María, en el escenario 1.....	69
Tabla 22. Datos utilizados para el modelo de Tompson y Bell basado en la edad, cuyos datos de entrada corresponden a larvas de peces de la familia Gerreidae, capturados por la succión de las bombas en la parte sur del sistema lagunar Santa María, en el escenario 2.....	70
Tabla 23. Comparación de la succión de postlarvas de camarones peneidos, larvas de peces y portúnidos por las granjas entre el estudio presente y trabajos similares realizados en la región (* = Muestreo Nictimeral, CL = Canal de Llamada, B = Agua de bombeo).....	73
Tabla 24. Comparación de las capturas incidentales para ambos escenarios, extrapolando los resultados de este trabajo realizado (a) en la porción sur del sistema lagunar Santa María (b) a todo el sistema (c), al estado de Sinaloa y (d) a toda la región del Golfo de California	75

1. INTRODUCCIÓN

El camarón es un recurso pesquero altamente apreciado a nivel mundial, con una demanda creciente en el mercado nacional e internacional. La producción mundial de camarón registrada por la FAO (1997) es cercana al 2 % del total de los productos pesqueros y presenta una gran demanda. La utilización de las poblaciones silvestres para fines de cultivo alcanzó su máximo en los años sesenta, y actualmente, a nivel mundial, no existen poblaciones de camarones peneidos que no hayan sido explotadas y que permitan incrementar la producción de origen pesquero. Debido a esto, la única opción para aumentar sustancialmente la producción de camarón ha sido el cultivo de este crustáceo (Gracia, 1992).

La camaronicultura es una de las actividades que más se ha desarrollado en México en los últimos años, por lo que su práctica se ha visto incrementada, sobre todo en la región noroeste del país. En Baja California, Baja California Sur, Nayarit, Sinaloa y Sonora se encuentra aproximadamente el 97 % de la estanquería de cultivo de camarón en México. Sinaloa y Sonora poseen las cifras más elevadas tanto en términos de área como de producción de camarón, siendo el sistema lagunar Santa María, en Sinaloa, uno de los que posee el mayor número de granjas camaronícolas (Páez-Osuna y Gracia, 2003).

Los ecosistemas lagunares-estuarinos de la región del golfo comprenden una gran variedad de hábitats que incluyen bosques de manglar, marismas, pantanos, lagunas costeras, estuarios y sistemas de agua donde hay una rica y compleja cadena alimenticia. Estos hábitats son importantes áreas de alimentación para aves, peces, crustáceos y mamíferos. Adicionalmente, albergan importantes campos pesqueros y favorecen condiciones para la acuicultura. Las lagunas costeras representan una protección como zonas de crecimiento para postlarvas de camarón, así como para especies de peces de importancia comercial (Páez-Osuna *et al.*, 2003).

En el golfo de California habitan cuatro especies de camarón de los géneros *Litopenaeus* y *Farfantepenaeus*: *L. stylirostris*, *L. vannamei*, *F. brevirostris* y *F. californiensis*, que son la base de una valiosa pesquería tanto de altamar como de aguas protegidas (Calderón-Pérez *et al.*, 1989b). En las costas de Sinaloa y Sonora la producción acuícola de camarón está sostenida principalmente por *L. vannamei* y *L. stylirostris* (camarón blanco y azul, respectivamente). Según Gracia (2001), el crecimiento sostenido de la actividad acuícola necesita de varios insumos, entre los cuales, el abastecimiento de postlarvas es uno de los aspectos más críticos para sostener los ciclos de cultivo.

Los camarones peneidos tienen ciclos de vida similares, aunque con pequeñas variantes. Mientras que algunas especies habitan sólo en el medio ambiente marino, otras habitan también en las lagunas costeras en cierta parte de su ciclo de vida. La estrategia reproductiva de estos organismos los define como altamente exitosos y dominantes en sus comunidades, características que permiten a la vez el desarrollo de grandes pesquerías. El camarón atraviesa diferentes etapas durante su ciclo de vida. Este ciclo inicia con la madurez y cópula en el medio ambiente marino (Fig. 1). El camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) se reproduce en zonas más someras y cercanas a la costa. Los huevecillos expulsados pasan a la columna de agua, eclosionan alrededor de 14 horas después y dan origen a una larva conocida como nauplio. Esta larva, de hábitos planctónicos, está sujeta a la acción de las corrientes y pasa por una serie de estadios larvarios sucesivos mediante procesos de muda, período en el cual depende totalmente de las reservas alimenticias del vitelo. La larva nauplio comprende 5 estadios que ocurren entre 2 y 3 días, dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales, hasta que se convierte en la primera protozoa, estado en el cual comienza a alimentarse activamente. La protozoa, después de 3 o 4 días y 3 sub-estadios, se convierte en mysis. La última etapa de mysis se transforma en una postlarva que mide varios milímetros de longitud y tiene la forma de un camarón en miniatura. La postlarva ingresa a los estuarios y lagunas costeras a través de un mecanismo en el que intervienen la acción de las corrientes, migraciones verticales de la postlarva en la columna de agua, corrientes de marea y

respuesta a los gradientes de salinidad. Una vez que entran a las lagunas costeras o estuarios, las postlarvas cambian sus hábitos pláncnicos a semibénticos. El estadio posterior es el de juvenil, que ya tiene la apariencia de un camarón pequeño. Los juveniles tienen hábitos completamente bénticos y se establecen en sustratos desnudos o cubiertos de vegetación ricos en detritos tales como zonas de manglar o de pastos marinos, dependiendo de la especie (Gracia, 1992).

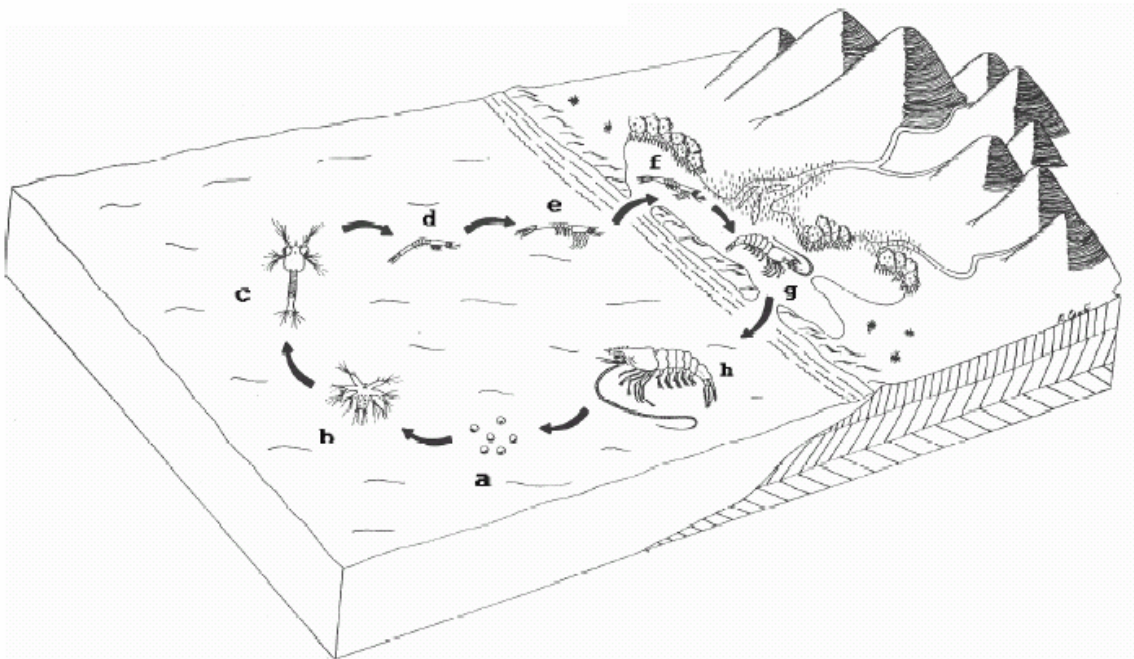


Figura 1. Ciclo de vida general de los camarones de la familia Penaeidae: a)huevo, b)nauplio, c)protozoa, d)mysis, e)postlarva planctónica, f)postlarva bentónica, g)juvenil, h)adulto (tomado de Gracia, 1992).

Permanecen en el área estuarina por períodos aproximados de 2 a 4 meses. Una vez que alcanzan determinada talla, según la especie y en función de las condiciones de salinidad del estuario o laguna costera, emigran al ambiente marino y se incorporan a la población adulta. Este proceso es muy importante en la pesquería, ya que constituye la vía de renovación de las poblaciones adultas y se le conoce como reclutamiento. En el ambiente marino el camarón continúa su proceso de crecimiento y maduración a medida que se mueve a lo largo de las áreas de pesca y a mayor profundidad. La madurez sexual se alcanza generalmente entre los 6 y 8 meses de

edad, aunque la maduración general de la población ocurre alrededor de 10 a 12 meses de edad (Gracia, 1992).

A pesar de su importancia y de su contribución a la producción nacional, la camaronicultura ha sido señalada como causante de un fuerte impacto a los ecosistemas aledaños (esteros, lagunas costeras, etc.). En estos ecosistemas es donde se han establecido las granjas, señaladas por los sectores tradicionales pesqueros como causantes de la disminución de las poblaciones naturales de organismos acuáticos (especialmente los susceptibles a la explotación comercial). Por su parte, un gran número de propietarios y de operadores de granjas camaronícolas señalan que las capturas de camarones silvestres tanto en el mar abierto como en los sistemas costeros han declinado por la sobre-explotación y contaminación de la zona costera. Indican también que el desarrollo de la camaronicultura ha sido pobre o moderado, esencialmente por problemas de posesión de la tierra, falta de estímulos del gobierno y el incremento de enfermedades (Páez-Osuna *et al.*, 2003b). Según Castro-Félix (2000), las empresas acuícolas de gran escala frecuentemente desplazan a los pescadores de pequeña escala, originan agotamiento de los recursos naturales y causan conflictos entre los desplazados en el área. Además, la conversión de manglares y transformación de estuarios, como ha ocurrido en Ecuador y Honduras, por ejemplo, se piensa que está asociada a la declinación o colapso de algunas pesquerías estuarinas o estuarino-dependientes.

Este problema, que ya ha sido registrado en otras partes del mundo, se intensifica en los estados de Sinaloa y Sonora donde se concentra el 92.7% de la superficie de cultivo del país, habiéndose registrado un total de 534 granjas para el año 2001, ocupando una superficie de 47,341 ha (SAGARPA/CONAPESCA, 2002) y también donde existe una gran actividad pesquera. El desarrollo de la camaronicultura se ha concentrado sobre todo en las partes centro-norte de Sinaloa y centro-sur de Sonora.

La explotación de las postlarvas del ambiente representa una presión adicional sobre el recurso. Un punto de vista señala que el efecto es insignificante dado que la mortalidad natural de las postlarvas es alta (Páez-Osuna y Gracia, 2003). Sin embargo, de acuerdo con los estudios de Gracia (1989c), se tiene que el impacto causado por la extracción de postlarvas es variable dependiendo del estadio de desarrollo del camarón. Hay un menor impacto cuando la extracción tiene lugar durante los primeros estadios de las postlarvas y se incrementa exponencialmente en los últimos estadios, principalmente en juveniles. De acuerdo con el análisis, la extracción de las postlarvas tiene menos efecto cuando son capturadas en la zona costera, cerca de los estuarios o lagunas costeras durante su inmigración a las zonas de crianza.

Recientemente ha aparecido otro aspecto que ha provocado algunos conflictos entre los sectores acuícola y pesquero, esto es, la transferencia accidental de postlarvas de camarón y larvas de otras especies de importancia comercial a los estanques de cultivo durante el bombeo del agua, lo que ocasiona un impacto adicional sobre las poblaciones silvestres de camarón (Fig. 2). Considerando el número de granjas y la cantidad de agua bombeada, es obvio que cierta cantidad de postlarvas puede ser acarreada dentro de los estanques. Sin embargo, hay poca evidencia científica de que esta actividad esté afectando a la pesquería del camarón (Páez-Osuna *et al.*, 2003). Lo anterior evidencia la urgente necesidad de realizar un replanteamiento de las estrategias de manejo costero actuales dentro de la producción camaronera, con el propósito de buscar una forma equitativa y equilibrada tanto social como económica en el uso y manejo de nuestros recursos, dentro de un contexto de conservación y preservación de los mismos (Castro-Félix, 2000).

Debido a la discusión que existe actualmente entre los sectores pesquero y acuícola, se propuso desarrollar un proyecto conjunto entre el Instituto Sinaloense de Acuicultura (ISA) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este trabajo se realizó para estimar el grado de impacto asociado a la camaronicultura sobre las postlarvas de camarón y larvas de especies de importancia comercial. Lo

anterior, respecto a su captura incidental por los efectos de succión de las bombas, específicamente en el sistema lagunar Santa María-La Reforma, en la parte centro del estado de Sinaloa.

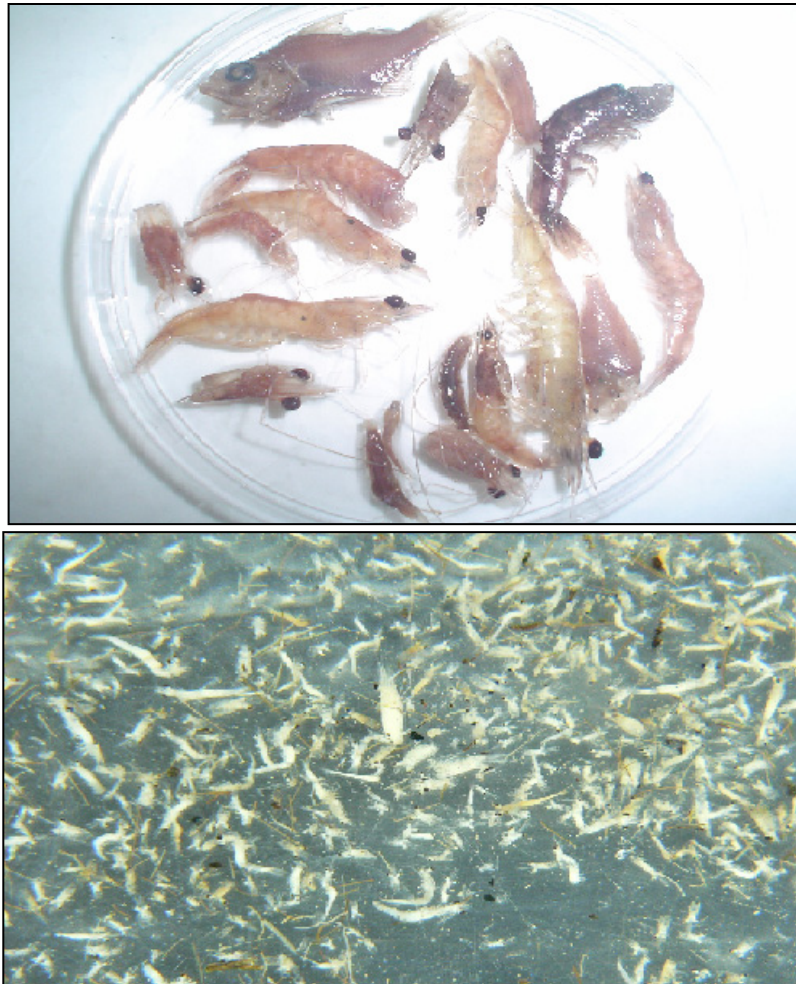


Figura 2. Postlarvas de camarones peneidos y larvas de peces de diferentes tallas capturadas por las unidades de bombeo durante el muestreo nocturno.

1.1. Antecedentes

El cultivo de organismos marinos con fines de alimentación y comerciales nace de forma empírica, partiendo de observaciones de los animales acuáticos en el medio natural y del uso de técnicas de pesca como lo fue la recolección y engorda de organismos silvestres. Esta combinación entre la pesca y la crianza dio origen a la acuicultura actual (Cáceres-Martínez y C. Rangel Dávalos, 1994).

Sin embargo, respecto al cultivo de camarón, el problema se presenta durante la recolección de postlarvas silvestres. Páez-Osuna (2001a:2001b) menciona este problema como una de las causas de impacto ambiental por la actividad camarónica ya que en esta actividad otros organismos presentes en el zooplancton (larvas de peces y crustáceos) son también capturados y eliminados. Según Gracia (2001), los argumentos que se esgrimen para utilizar postlarvas silvestres son variados. Entre ellos tal vez el más empleado es que las postlarvas silvestres son más resistentes a enfermedades.

A nivel internacional

En Japón, el cultivo de camarón con bases científicas fue posible, en parte, gracias a los trabajos del Dr. Motosaku Fujinaga, quien en 1933 obtuvo desoves de *Marsupenaeus japonicus* en condiciones de laboratorio y después logró completar el desarrollo larvario hasta postlarva (Rodríguez y Reprieto, 1984).

En Filipinas, Primavera (1998) realizó estudios similares al presente trabajo, al comparar abundancias y composición de talla de poblaciones de peneidos en hábitats con y sin manglares, encontrando evidencias de que estos ecosistemas son usados por los camarones como zonas de crianza, así como evidencias de que el reclutamiento de juveniles se tiene dos veces por año.

Con respecto a las capturas por bombeo, DeWalt *et al.* (1996) señalan que la industria acuícola es responsable de la declinación de las pesquerías en el golfo de

Fonseca (Honduras) a través de la recolección de postlarvas de camarón. Ellos estimaron que 3.3 billones de postlarvas son utilizadas anualmente para el cultivo. Pero en el proceso de su recolección, los juveniles de muchos peces son también capturados. Aunque no hay estudios documentados disponibles, se ha estimado para Honduras una proporción de 1:5 de postlarvas de peneidos con respecto a larvas de peces y de otros organismos. Entonces, quizás haya de 15 a 20 billones de juveniles de otras especies capturadas y generalmente desaprovechadas.

A nivel nacional

El cultivo de camarón en México inicia en la década de los 70's en el Centro de Investigaciones Científicas de la Universidad de Sonora (CICTUS), en Puerto Peñasco, Sonora, que en colaboración con la Universidad de Arizona y financiado por la empresa Coca Cola realizaron estudios tendientes al cultivo de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Rodríguez y Reprieto, 1984).

En nuestro país existen 137 lagunas costeras que cubren una superficie de 1'567,000 ha. En la costa del Pacífico se localizan 92 ha y en el golfo de México y Caribe, 45 ha. El desarrollo acuícola intensivo se realiza en la laguna en sí y en su periferia. El primer caso comprende el empleo de artes de cultivo dispuestas en flotación y fijadas al fondo para la engorda de peces, moluscos y algas, mientras que el segundo caso está representado por estanquería dedicada al cultivo de camarón (Cáceres-Martínez y Rangel-Dávalos, 1994).

Las especies de camarón presentes en nuestro país que son susceptibles a ser cultivadas son diferentes en ambas costas (Golfo de México y Pacífico Mexicano). Sin embargo, se infiere que el efecto de su captura por el bombeo hacia las granjas es similar.

Gracia (1989a) estudió la relación entre factores ambientales y la abundancia de *Litopenaeus setiferus* en el suroeste del Golfo de México y encontró que las descargas fluviales se mostraron como la variable que tiene más influencia sobre la

abundancia de estos organismos. Basado en sus resultados, sugiere que el efecto principal de la descarga fluvial sobre la abundancia del camarón blanco resulta de la interacción con el hábitat estuarino, lo cual determina la magnitud del área disponible para el establecimiento de las etapas estuarinas y en consecuencia el éxito de las cohortes.

Gracia (1989b) estimó la mortalidad mediante la disminución de la captura por unidad de esfuerzo (cpue), en un estudio sobre la mortalidad natural del camarón blanco *Litopenaeus setiferus* en la sonda de Campeche. Encontró que después del reclutamiento la composición de la población permanece constante y los cambios numéricos de la cpue se pueden relacionar con la mortalidad. Encontró también que las tasas de mortalidad natural estimadas y obtenidas por los distintos métodos variaron desde -0.22 a -0.45 y propuso, con base en los resultados, una tasa de mortalidad media mensual de -0.25 para *L. setiferus* en el área estudiada.

Gracia (1989c) efectuó un modelo de simulación a partir de la población natural de *L. setiferus* con el objeto de evaluar el impacto de la captura de semilla de diferentes edades para establecer el cultivo de una extensión hipotética de 4000 ha y encontró que la captura de organismos de 29 mm de longitud total extraídos de la zona estuarina representa un impacto del 39 al 42 % en la producción pesquera. Explica también que de acuerdo a las simulaciones efectuadas, la mortalidad natural es un factor crítico en la determinación de los niveles de impacto en la pesquería. El autor concluye que el impacto de la extracción de postlarvas de camarón varía en función de la edad de los organismos y se presenta en menor grado cuando son extraídas las postlarvas en sus primeras fases, incrementándose exponencialmente hacia las últimas fases de juveniles.

En un análisis más reciente, Gracia (2001) examinó la interacción entre la utilización de postlarvas silvestres para cultivo y las pesquerías de camarón. Basándose en estudios anteriores, concluye que la extracción de postlarvas para el cultivo del camarón tiene un impacto variable sobre las poblaciones de camarón y sobre los

niveles de producción pesquera en función de la edad y el nivel de captura. Este impacto puede ser mínimo en las etapas anteriores al ingreso a las áreas de crianza y se incrementa exponencialmente una vez que se han establecido en dichas áreas.

Aragón-Noriega y García-Juárez (2002) evaluaron la incidencia de postlarvas de camarón en el canal de llamada de una granja camaronera del estado de Sonora de abril a noviembre del año 2000. En este trabajo no se encontró un patrón definido del reclutamiento de postlarvas. Sin embargo, se hace la observación de que sólo se hicieron muestreos en la parte norte del sistema y se presume que el patrón de reclutamiento en esta laguna pueda estar localizado en la parte sur. Por esta razón, en este estudio, y de manera muy particular, se concluye que, debido a su localización, la granja donde se realizaron los muestreos no afecta de manera significativa a las poblaciones naturales de postlarvas de camarones peneidos. Este resultado, en esta granja en particular, contradice la hipótesis de que en las granjas de camarón se capturan postlarvas en cantidades importantes que afectan la pesca en las áreas adyacentes.

A nivel regional

En Sinaloa se dieron las condiciones ideales para el fomento de la camaronicultura, esto es, clima y terrenos apropiados para el cultivo, abundancia de postlarvas para la engorda, disponibilidad de agua marina, energía, caminos y transportes para su desarrollo, etc., así como una sociedad con experiencia en asuntos del mar y apoyada por el gobierno y las empresas financieras y comercializadoras de camarón a nivel nacional e internacional. Así, se presentó en la entidad un súbito crecimiento de la actividad pero también una irregular distribución de sus asentamientos y una proyección no definida de su futuro al faltar una buena organización, como lo demuestra el desconocimiento del número de granjas, su ubicación, condiciones de trabajo y tipo de construcción, además del desconocimiento de la cantidad de postlarvas requeridas, recambios de agua, etc. (Romero-Beltrán *et al.*, 2001).

Los primeros pasos para desarrollar la camaronicultura en Sinaloa se hicieron a partir de 1975, en la laguna Huizache, donde se realizó un cultivo experimental de 6.0 ha en la ensenada de Los Carros. Pero fue en 1983, en las Grullas, margen derecha del municipio de Ahome, donde la S.S.C.P. "Acuacultores del Norte de Sinaloa", S.C.L., logró obtener las primeras cosechas de camarón a nivel comercial (SEPESCA, 1991).

A finales de los 70's, Macías-Regalado y Calderón-Pérez (1979) estudiaron los mecanismos de inmigración de postlarvas para determinar la talla que presentan durante su inmigración al sistema lagunar Huizache-Caimanero en el estado de Sinaloa. Ellos encontraron que la longitud promedio de los camarones en estadio de postlarva es menor a 8 mm cuando la salinidad es más baja y la temperatura alcanza valores más altos. En cambio, durante la temporada de sequía, con valores altos de salinidad y baja temperatura, la longitud promedio de postlarvas es mayor de 8 mm.

Calderón-Pérez *et al.* (1987) hicieron un estudio sobre los mecanismos de inmigración de postlarvas en una laguna costera de México. Ellos encontraron que las postlarvas de *Penaeus* y la biomasa de zooplancton fueron más abundantes cerca de la zona de rompientes y corriente litoral que en aguas más profundas. Con lo cual, se asume que existe una acumulación de postlarvas cerca de la boca del río en el periodo de reflujó, observándose una mayor densidad de organismos durante el primer tercio del periodo de flujo. Además, la migración de las postlarvas hacia la costa se explica en términos de dirección del viento y corriente de deriva.

Respecto a la identificación de estos organismos, Calderón-Pérez *et al.* (1989) propusieron una clave de identificación para los estadios de postlarva y primeros juveniles de camarones peneidos del Golfo de California, usando caracteres efímeros y permanentes de cada una de las especies.

Por su parte, Solís-Ibarra *et al.* (1993) estudiaron las variaciones espaciales y temporales de postlarvas de camarón blanco del Pacífico *L. vannamei* en el litoral del

sur de Sinaloa y encontraron las mayores abundancias cerca de la orilla, densidad de postlarvas mucho mayor en el fondo que en la superficie y un mayor número de postlarvas durante la estación de lluvias con un mayor registro de ellas durante periodos de luna llena.

En el informe de investigación sobre “Aspectos de Construcción y Operación de Granjas Camaroneras en el Estado de Sinaloa, México”, Romero Beltrán *et al.* (2001) hacen un recuento de las granjas que se encuentran establecidas cerca de los sistemas lagunares a lo largo del litoral sinaloense, especificando número de granjas, tipos de cultivo (intensidad) y otros aspectos, para cada una de las lagunas. Ellos encontraron que el sistema lagunar Santa María - La Reforma cuenta con una superficie total destinada a la camaronicultura de 7,174.9 ha, de las cuales 5,440.62 ha corresponden a la superficie en operación y, de éstas, 5,217.12 ha representan la superficie de engorda, distribuidas en 56 granjas camaroneras, siendo este uno de los principales sistemas lagunares con mayor superficie de estanquería de engorda dedicada al cultivo semi-intensivo. Se señala también una cantidad total de 602'617,500 postlarvas de camarón utilizadas por ciclo de cultivo en las granjas aledañas a este sistema lagunar. Además, existen 123 bombas distribuidas en 21 esteros y directamente en la bahía que abastecen una demanda de 54'084,366 m³ de agua salobre para el llenado de las granjas y 4'450,793.9 m³ de agua salobre para recambio diario. Estas unidades de bombeo tienen diámetros que van desde 12 hasta 36 pulgadas.

En una publicación más reciente, Valenzuela-Quiñones *et al.* (2004) presentan los resultados de un estudio similar al presente realizado en la laguna de Navachiste, Sinaloa. Ellos evaluaron el impacto del cultivo de camarón por succión de larvas de peces y camarón mediante el bombeo de agua en 2 granjas acuícolas en esta laguna costera. Ellos concluyen, de acuerdo a sus resultados, que existe un efecto negativo y un impacto causado por la succión de organismos en las estaciones de bombeo. Sin embargo, indican también la necesidad de realizar estudios específicos para cada sistema lagunar y evitar caer en la extrapolación de resultados de un sistema a

otro, pues explican que esto no sería un procedimiento adecuado debido a las características particulares de cada sistema. Encontraron también que la cantidad de organismos planctónicos succionados está en relación directa con la densidad en los canales de llamada.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe un conflicto entre el sector pesquero y el sector acuícola por el posible impacto que éste último está causando en las poblaciones naturales de especies de importancia comercial. Tal impacto es debido a que las bombas succionan el agua de los esteros hacia el interior de las granjas e introducen a los organismos en sus fases larvarias, especialmente postlarvas de camarón.

Por lo que se quiere saber cuál es la magnitud del impacto que causa la captura incidental de postlarvas por las unidades de bombeo de las granjas camaronícolas sobre las poblaciones naturales de especies de importancia comercial en el sistema lagunar Santa María.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Determinar el posible impacto sobre las poblaciones naturales de especies de importancia comercial (camarones, jaibas y peces), en sus estadios larvales. Las cuales son succionadas incidentalmente por el bombeo de las granjas camaronícolas de la porción sur del sistema lagunar Santa María, Sinaloa.

3.2. Particulares

- (a) Analizar muestras de zooplancton de los esteros adyacentes a las granjas y del agua de bombeo a lo largo de un año y en muestreos diurnos.
- (b) Analizar parámetros de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en muestras de agua.

- (c) Identificar y cuantificar las postlarvas y juveniles de camarones peneidos que son capturadas a través de los bombeos, mediante muestreos puntuales y representativos de los periodos de bombeo.
- (d) Estimar la talla (mm) o longitud total (LT) a la que son capturadas las postlarvas y juveniles de camarones peneidos
- (e) Identificar a nivel de familia y cuantificar larvas de otros organismos de importancia comercial (jaibas y peces) que también son capturados.
- (f) Investigar las fechas y duración de los bombeos de las diferentes granjas en este sistema lagunar estudiado.
- (g) Modelar la tasa de succión de postlarvas y juveniles de peneidos y larvas de especies de importancia comercial para un ciclo de cultivo completo y para diferentes etapas del año.
- (h) Establecer la distribución y abundancia de postlarvas y juveniles de peneidos y larvas de otros organismos de importancia comercial en las diferentes áreas de la zona sur del complejo lagunar de Santa María.

4. HIPÓTESIS

El bombeo de agua hacia los estanques camaronícolas transfiere incidentalmente postlarvas de camarón y larvas de otras especies de importancia comercial a dichos estanques, causando un impacto posterior en las poblaciones naturales y en las pesquerías.

5. AREA DE ESTUDIO

La región del golfo de California presenta un amplio intervalo de temperaturas, con un valor mínimo de 10 °C y máximo de 32 °C en las proximidades del delta del río Colorado. En la boca del golfo las temperaturas varían de acuerdo con las masas de agua. El flujo saliente de la corriente del golfo de California acarrea hacia el sur agua de 18 °C, la corriente de California aporta aguas de 15 a 20 °C y la corriente Norecuatorial conduce agua de 26 °C. La plataforma continental en esta región es amplia en la costa oriental y al norte del golfo. Sin embargo, en la costa occidental se reduce y en ocasiones prácticamente es inexistente, como ocurre en la región del canal de Ballenas. El golfo de California es una cuenca de evaporación, lo cual incrementa su salinidad hacia el interior. La marea dentro del golfo es de tipo semidiurno (desigual) y las amplitudes en la región norte son del orden de 2.2 m (intervalo de 4.4 m) (Aldeco y Salas, 1994).

El estado de Sinaloa se ubica en el noroeste del país y se ubica en las coordenadas 27°02'-22°29' N 105°23'-109°28' W. Colinda al norte con los estados de Sonora y Chihuahua, al este con Durango y Nayarit; al sur con Nayarit y el océano Pacífico y al oeste con el golfo de California. Su superficie total es de 58,328 Km², lo que representa el 2.9 % de la superficie del país y se divide en 18 municipios. Sinaloa posee una población de 2,536,844 habitantes (INEGI, 2003). El estado posee 656 Km de litoral y 221,600 ha de lagunas litorales. Esta riqueza le ha permitido ocupar el tercer lugar nacional (1988) en cuanto al volumen de captura de especies pesqueras con 141,850 toneladas. Esta importante actividad ha pasado por diferentes períodos históricos; la primera etapa se caracterizó por la pesca en aguas litorales, concentrada fundamentalmente en camarón y peces de alta calidad; la segunda etapa se inicia con la incursión en la pesca de altamar y corresponde principalmente a los atuneros y sardineros; la última etapa se inició con el cultivo y cuidado de las especies y se caracteriza por su alta tecnificación y productividad (INEGI, 1995).

Las costas de Sinaloa, situadas en la zona sureste del golfo, forman parte de la región zoogeográfica del mismo. Se tienen ahí condiciones para el desarrollo de

estuarios y lagunas costeras que caracterizan, junto con los bosques de mangle, la parte central y sureste de la costa este del golfo de California, así como gran parte de la costa suroeste de México (Hendrickx, 1992).

La laguna Santa María-La Reforma se encuentra en la costa oriental del golfo de California entre los 24°50' y 25°10' N y los 107°55' y 108°20' W, en el estado de Sinaloa (Fig. 3). Se comunica con otras 2 cuencas, una al norte, La laguna Playa Colorada, y otra al sur, que en conjunto conforman un extenso sistema lagunar. Al oriente está la planicie costera y al occidente la barrera arenosa isla Altamura de 45 Km de largo, que separa el vaso de la laguna del golfo de California. La comunicación se realiza a través de dos bocas, una al noroeste entre las islas Saliaca y Altamura y otra al sureste en el extremo sur de la isla Altamura. La laguna tiene una forma alargada, con su eje mayor de 70 Km de longitud paralelo a la línea de costa y una superficie aproximada es de 450 km², y presenta profundidades medias de 2 m, con máximos de 8 m. Destaca la presencia de la isla Talchichitle en la parte sur de la laguna que divide al sistema en dos una cuenca septentrional relativamente profunda y otra meridional somera. La isla forma estrechos tanto con la barrera arenosa como con el margen continental. Los sedimentos dominantes en el fondo lagunar son arenas medias y finas con poca presencia de limos y arcillas, donde parece que convergen las ondas de marea que penetran por ambas bocas (De la Lanza y Cáceres, 1994).

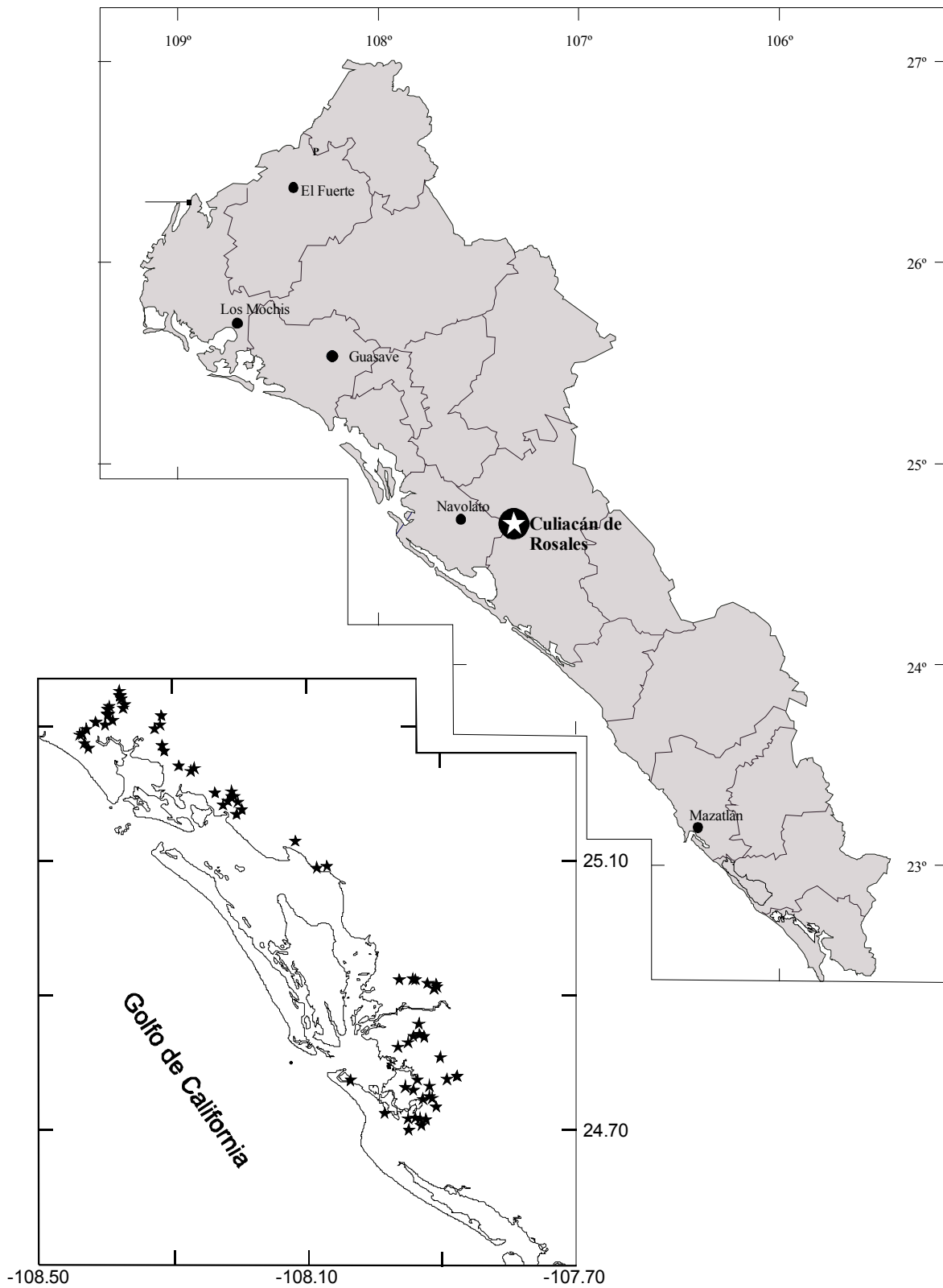


Figura 3. Mapa de la ubicación del sistema lagunar Santa María - La Reforma en el estado de Sinaloa y de las granjas camaronícolas asociadas a este sistema.

6. METODOLOGÍA

6.1 Muestreo

6.1.1. Muestras Mensuales

Se realizaron 13 muestreos mensuales desde junio de 2003 hasta julio de 2004 en 9 estaciones ubicadas en los canales de llamada de las granjas, así como en los esteros adyacentes (Fig. 4).

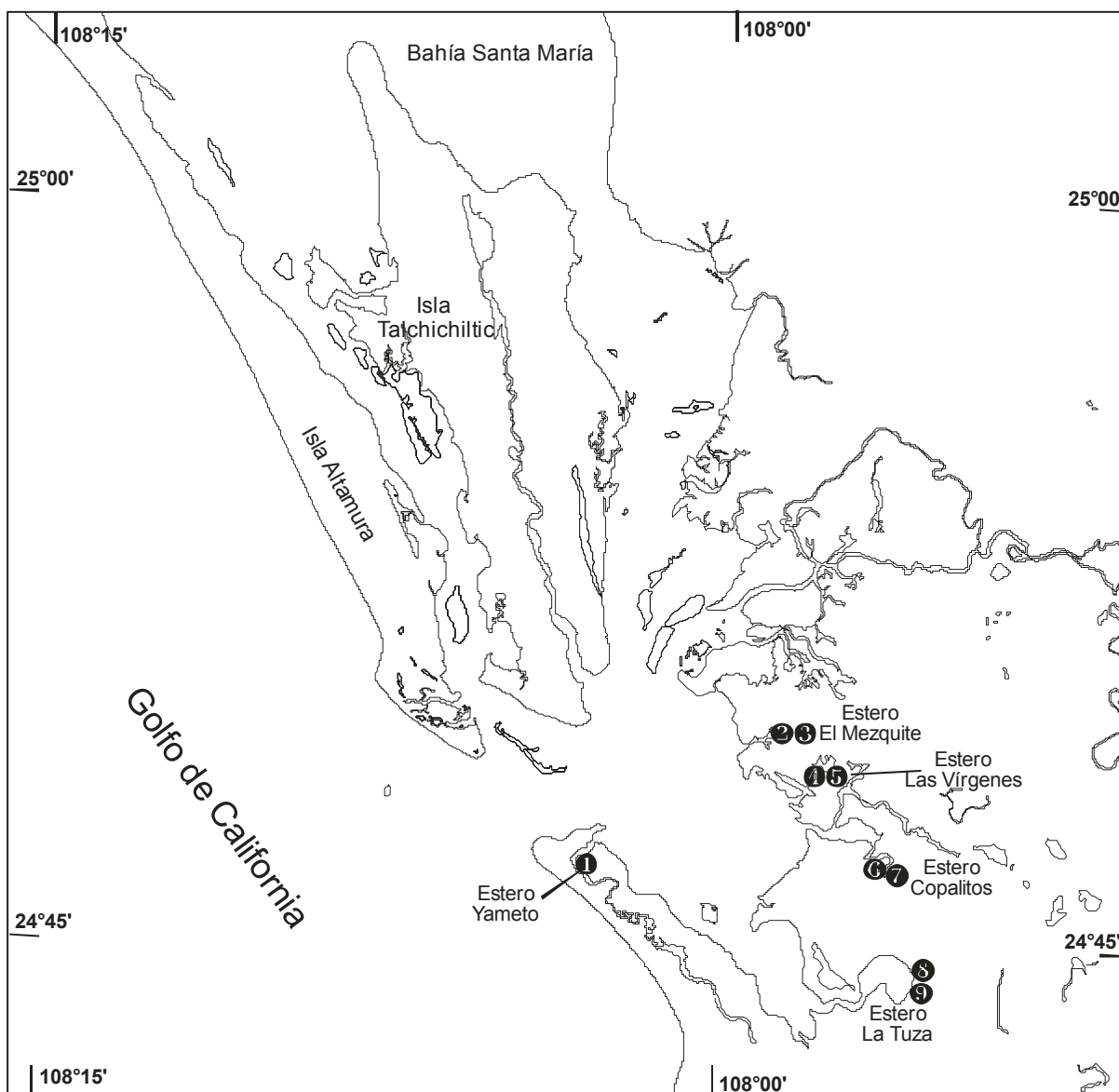


Figura 4. Sitios de muestreo: 1) estero Yameto, 2) estero El Mezquite, 3) estero El Mezquite Canal de Llamada, 4) estero Las Vírgenes, 5) estero Las Vírgenes Canal de Llamada, 6) estero Copalitos, 7) estero Copalitos Canal de Llamada, 8) granja “Acuavisión” Canal de Llamada y 9) granja “El Camarón” Canal de Llamada. Las 2 últimas estaciones ubicadas en el estero La Tuza.

Estos muestreos se llevaron a cabo mediante arrastres superficiales con duración de 10 minutos, paralelos a la orilla del estero, en el tiempo en que las granjas estuvieron en operación. Para esto, se utilizó una red de plancton de 500 μ de luz de malla, provista con un flujómetro. En algunos casos se tomaron las muestras cada quince días, sobre todo en los periodos donde se esperaba encontrar mayor número de postlarvas, de acuerdo al patrón de reclutamiento a las áreas lagunares.

6.1.2. Muestreo Nictimeral

Se tomaron 2 tipos de muestras simultáneamente: en el estero (antes de las bombas) y en el reservorio de una granja (después de las bombas), de acuerdo a las horas de bombeo.

En el muestreo realizado en el estero adyacente (El Mezquite) o canal de llamada de la granja “Otro Ventura” (estación 3), se hicieron arrastres con la red provista de flujómetro. Las muestras se tomaron durante 10 minutos cada hora, a partir de las 19:00 horas del 2 de septiembre de 2005 hasta las 2:00 horas del día siguiente y desde las 9:00 hasta las 13:00 horas del 3 de septiembre de 2005. Al igual que en los muestreos mensuales, se registraron las lecturas del flujómetro para calcular los volúmenes filtrados.

De forma simultanea, se tomaron muestras del agua de bombeo que es vertida al canal reservorio (parte adyacente a las bombas). Para ello se colocó una estructura cuadrada provista de una red de 500 μ m en la salida del agua bombeada, a fin de capturar el zooplancton succionado durante el bombeo. Este muestreo se hizo en un día de luna nueva y durante las mareas altas. El criterio de los granjeros para el bombeo considera justamente estos casos, sicigia y las pleamares. Para determinar el momento en que se dan estas dos condiciones, utilizan una regleta y el bombero, de acuerdo al nivel del agua, enciende la bomba y la apaga al descender su nivel. De esta manera, en total se obtuvieron 26 muestras.

En el estero

Al igual que en los muestreos mensuales, en el Canal de Llamada del estero “El Mezquite” (estación 2), adyacente a la estación de bombeo de la granja “Otro

Ventura”, se llevaron a cabo arrastres con la red de plancton de 500 μ de luz de malla provista del flujómetro. Las muestras recolectadas fueron depositadas en frascos de plástico con formol al 4 % y se registró el nivel de marea, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, así como las lecturas inicial y final del flujómetro.

En el reservorio

Este muestreo fue realizado en la granja “Otro Ventura” (estación 3) en la parte del reservorio adyacente a las bombas, en cuyas tomas de agua fue colocada una estructura cuadrada con medidas de 1 m de lado y una red de 3 m de largo con luz de malla de 500 μ (desprovista de flujómetro) que se utilizó para capturar el zooplancton que fue succionado durante el bombeo. Este muestreo se hizo cubriendo los ciclos de bombeo, es decir, antes, durante y poco después de la pleamar, en el periodo de luna nueva, tanto en el día como en la noche. Se recolectaron las muestras cada hora durante aproximadamente 6 horas y se llevó a cabo en uno de los dos periodos de inmigración de postlarvas (durante septiembre de 2005).

Además de la colecta de las muestras, se registraron también algunos datos correspondientes al bombeo, esto es medida de la bomba (30 pulgadas) y capacidad de bombeo a la que estuvo trabajando (1000 RPM).

Las muestras recolectadas fueron colocadas en recipientes de plástico con una solución de formol al 4 % para su conservación, y fueron trasladadas al laboratorio de Biología de Crustaceos (ICMyL-UNAM). De manera paralela se hicieron mediciones de temperatura ($^{\circ}$ C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mg/L). Para la medición de estas variables se utilizó un equipo multiparámetro (YSI85). Además, se realizaron encuestas a los camaronicultores para conocer diferentes aspectos de los bombeos de agua, tales como capacidad y tasas de recambio de los estanques, número y capacidad de las unidades de bombeo, criterios en los que se basan para realizar los bombeos así como su duración, etc.

6.2. Trabajo de laboratorio

Después de lavar las muestras con agua corriente, los organismos recolectados fueron colocados en recipientes de vidrio con fondo oscuro para facilitar su separación. Posteriormente, las muestras fueron colocadas en cajas de Petri y observadas en el microscopio estereoscópico para cuantificar e identificar los distintos grupos de organismos zooplanctónicos de importancia comercial a nivel de familia así como las postlarvas y juveniles de camarón, que fueron identificadas a nivel de especie siguiendo los criterios de Mair (1979), Rodríguez de la Cruz (1981), Cabrera-Jiménez (1983), Yoong-Basurto y Chang-González (1983) y Calderón-Pérez (1989a y 1989b).

Las postlarvas y juveniles fueron medidas en una caja de Petri, adaptada para ello con papel milimétrico. Además se contabilizó el número de sus dientes rostrales (dorsales y ventrales). A fin de determinar el estadio en que se encontraban, ya sea postlarva o juvenil, además se buscó en algunos organismos la presencia del apéndice masculino en el endopodito del segundo par de pleópodos. La menor talla a la que se encontró dicho apéndice fue de 27 mm. Con base en esto, se consideraron como juveniles aquellos organismos mayores a esta talla.

Para conocer las densidades de zooplancton por m^3 obtenidas en los muestreos mensuales se calculó el volumen filtrado con la fórmula:

$$V = \pi (r^2) (d), \text{ donde:}$$

$V =$ Volumen filtrado (m^3)
 $r =$ Radio de la boca de la red
 $\pi = 3.14$
 $d =$ Distancia (m)

En estos casos, la distancia es obtenida al multiplicar el número de revoluciones por la constante de la distancia/revolución. Dicha constante es el promedio obtenido al recorrer 30 veces una distancia de 50 m. El número de revoluciones es registrado en cada recorrido y se obtiene el promedio de revoluciones por metro lineal, el cuál se multiplicó por el área de la red para la obtención de la constante. Al ser multiplicado

este valor por el número de revoluciones registradas en el flujómetro (Lectura Final – Lectura Inicial) se obtuvo el volumen filtrado en metros cúbicos.

El total del zooplancton filtrado en cada muestreo se dividió entre el total de metros cúbicos filtrados para estandarizar la biomasa del zooplancton por metro cúbico. Finalmente, estas cantidades se estandarizaron para 1000 m³, a fin de tener una mejor representación en gráficas.

En el caso del muestreo nictimeral, para conocer la densidad de zooplancton por metro cúbico se obtuvo, primeramente, la cantidad de metros cúbicos de agua bombeados durante el muestreo. Para encontrar este dato se requiere saber el número de revoluciones a los cuales estuvo trabajando la bomba (1000 RPM), así como la medida de la bomba (30 pulgadas). De acuerdo a tablas preestablecidas con las que cuentan los acuacultores, se tiene un número máximo de metros cúbicos de agua que son bombeados cuando las bombas trabajan al máximo de potencia. A partir de este dato y mediante un cálculo simple se obtiene el total de metros cúbicos bombeados, según la capacidad a la que trabajó la bomba.

$$*720 \text{ RPM} \rightarrow 1.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1000 \text{ RPM} \rightarrow X$$

$$X = 2.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$2.5 \text{ m}^3 \rightarrow 1 \text{ s}$$

$$X \rightarrow 600 \text{ s (10 min)}$$

$$X = 1500 \text{ m}^3$$

*www.etecsa.com

Tabla 1. Especificaciones generales de bombas axiales (www.etecsa.com)

Diámetro impulsor (pulgadas)	12	16	20	24	30	36	42	48	60
Capacidad de bombeo (m ³ /s)	300	500	750	1200	1800	2500	3600	5000	7000
Velocidad de operación (RPM)	1800	1800	1000	900	720	600	515	450	360

6.3. Estimación de organismos succionados por las granjas camaronícolas

Se realizó una primera estimación de los organismos succionados por las granjas de camarón, bajo ciertas suposiciones referentes al número de hectáreas con actividad acuícola en la parte sur del sistema lagunar Santa María, así como en lo que se refiere a las cantidades necesarias de agua para el llenado y los recambios necesarios durante el ciclo. Así, se obtuvo el número promedio de los organismos encontrados en las nueve localidades de cada muestreo y, mediante cálculos simples se extrapoló a los diferentes volúmenes de agua requeridos durante cada ciclo. Este ejercicio se realizó para cada uno de los grupos de organismos estudiados.

6.4. Ajuste a la estimación de organismos, según el muestreo nictimeral

A partir de los resultados del muestreo nictimeral se hizo un ajuste a los resultados obtenidos de la estimación de organismos succionados por las granjas camaronícolas. Este ajuste se realizó mediante gráficas que relacionan el número de organismos capturados en el canal de llamada contra aquellos que se capturaron en el agua de bombeo, dependiendo de la hora en la que se hicieron los muestreos, con lo que se obtuvieron las ecuaciones correspondientes para cada uno de los grupos estudiados y que muestran la proporción de organismos que son succionados por las bombas (número de organismos).

6.5. Estimación de pérdidas anuales en la pesquería (modelación)

El modelo de Thompson y Bell (1934) se usa para predecir los efectos de los cambios en el esfuerzo de pesca sobre los rendimientos futuros. Consiste en el desarrollo de dos etapas principales: (1) provisión de entradas esenciales y opcionales, y (2) el cálculo de salidas bajo la forma de predicciones de rendimientos futuros, niveles de biomasa y aún del valor de los rendimientos futuros (FAO, 1997). Así, mediante la aplicación de este modelo (basado en la edad), se obtuvo el equivalente en peso (toneladas por año) de las postlarvas de peneidos que son succionadas anualmente por las unidades de bombeo que se encuentran distribuídas en la parte sur del sistema lagunar Santa María.

Los procedimientos de cálculo para la aplicación de este modelo fueron los siguientes:

Cálculo de la población al comienzo de cada periodo (mes):

$$N(1) = 16'500,000$$

$$N(t+\Delta t) = N(t) \cdot \exp(-Z \cdot \Delta t), \text{ donde}$$

$$N(2) = 16'500,000 \cdot \exp(-0.8 \cdot 0.08333) = 15'435,906$$

$$N(3) = 15'435,906 \cdot \exp(-0.6 \cdot 0.08333) = 14'683,118$$

$$N(4) \dots$$

Cálculo del número total de organismos muertos en cada periodo:

$$\text{Número total de muertes } D(t) = N(t) - N(t-\Delta t)$$

$$D(1) = 16'500,000 - 15'435,906 = 1,064,094$$

$$D(2) = 15'435,906 - 14'683,118 = 752,789$$

$$D(3) = 14'683,118 - 13,828,073 = 855,045$$

$$D(4) \dots$$

Cálculo del número de individuos capturados en cada periodo:

$$C(t) = [N(t) - N(t+\Delta t)] \cdot F(t) / Z(t) = D(t) \cdot F(t) / Z(t)$$

$$C(1) = 1'064,094 \cdot 0.0 / 0.8 = 0$$

$$C(2) = 752,789 \cdot 0.0 / 0.6 = 0$$

$$C(3) = 855,045 \cdot 0.12 / 0.72 = 142,508$$

$$C(4) \dots$$

Cálculo del rendimiento (= captura en peso) en cada periodo:

$$Y(t) = C(t) \cdot w(t)$$

$$Y(1) = 0.0 \cdot 0.107 = 0$$

$$Y(2) = 0.0 \cdot 1.44 = 0$$

$$Y(3) = 142,508 \cdot 4.86 = 692,586$$

$$Y(4) \dots$$

Cálculo de la biomasa media en cada periodo:

$$B(t) = Y(t) / [F(t) \cdot \Delta t]$$

$$B(1) = 0.0 / (0.0 \cdot 0.08333) = 0$$

$$B(2) = 0.0 / (0.0 \cdot 0.08333) = 0$$

$$B(3) = 193,085 / (0.12 \cdot 0.08333) = 19'309,244$$

B(4) ...

Cálculo del rendimiento total y la biomasa media sobre todo el periodo:

El rendimiento total es la suma de todos los rendimientos mensuales.

La biomasa media aproximada es:

$$B = \frac{\sum_{t=1}^{16} (B(t) \cdot \Delta t)}{\sum_{t=1}^{16} \Delta t}$$

Como $\Delta t = 1/16$ y el periodo total es de 16 meses, en este caso particular,

$$B = \frac{\sum B(t)}{16} = \frac{3,215'904,257}{16} = 200'994,016$$

La captura así obtenida es expresada en gramos, por lo que se hace la división entre 1'000,000 para convertirla a toneladas. Los valores expresados corresponden al escenario 1 (sin el ajuste del muestro nictimeral).

7. RESULTADOS

7.1. Muestras mensuales

Cabe aclarar que algunos de los muestreos mensuales entre junio de 2003 y julio de 2004 no pudieron ser realizados en todas las estaciones debido a las mareas bajas. Por otra parte, algunos muestreos se realizaron de manera quincenal, específicamente en los períodos en que se esperaba encontrar un mayor número de postlarvas.

Los parámetros registrados presentaron los promedios máximos de temperatura del agua entre los meses de junio a septiembre de 2003. En los meses siguientes se registró un descenso hasta alcanzar un valor mínimo de 19.8 °C en enero de 2004 y nuevamente se observó un aumento con un promedio máximo de 32.6 °C registrado en el mes de julio de ese mismo año. Los mayores valores de salinidad se observaron entre los meses de junio a agosto de 2003, con un promedio mensual máximo de 43 ups en este último mes y el mínimo de 30 ups en octubre de ese mismo año. Cabe aclarar que no se cuenta con los registros de temperatura de los meses de diciembre de 2003 ni mayo de 2004. Tampoco se cuenta con los datos de salinidad de noviembre ni diciembre de 2003. Además, durante estos muestreos puntuales no se registraron las variaciones de oxígeno disuelto (Fig. 5).

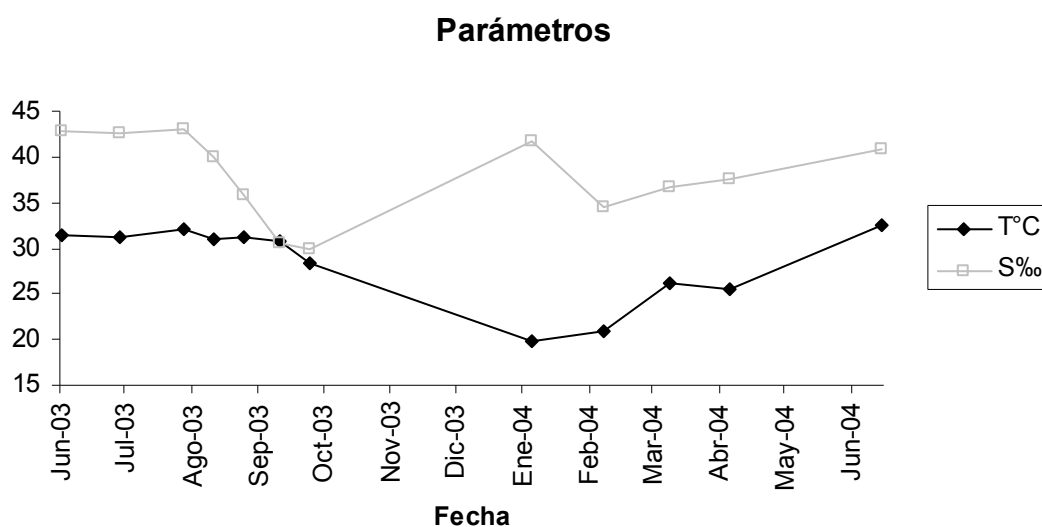


Figura 5. Promedios de salinidad y temperatura registrados en las diferentes estaciones durante los muestreos mensuales.

Durante los muestreos puntuales se filtró un total de 14,658.4 m³ de agua de los 9 esteros y canales de llamada adyacentes a las granjas, y se encontraron los tres grupos de organismos que se estudiaron en el presente trabajo. Además, se encontraron organismos planctónicos representantes de otros grupos zoológicos, tales como copépodos, porcelánidos, quetognatos, braquiuros, medusas, ctenóforos, carideos, etc. que, si bien carecen de importancia comercial, sí presentan una gran importancia ecológica dentro de estos ecosistemas.

En cuanto a los organismos de importancia comercial encontrados, se separó un promedio de 4,509 camarones peneidos/1000 m³ (incluidas postlarvas y juveniles), 2,097 larvas de peces/1000 m³ y 204 portúnidos/1000 m³, sumando un total de 6800 organismos/1000 m³ registrados durante un año de muestreo. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que en muchos de los muestreos no se encontraron organismos o se encontraron en muy bajas cantidades. Los porcentajes correspondientes a cada uno de estos grupos son los siguientes: postlarvas y juveniles de camarón constituyeron el 66 %, larvas de peces el 31 % y, en menor representación los portúnidos con el 3 % (Fig. 6). En estos porcentajes no se tomaron en cuenta los organismos que carecen de importancia comercial que también fueron recolectados.

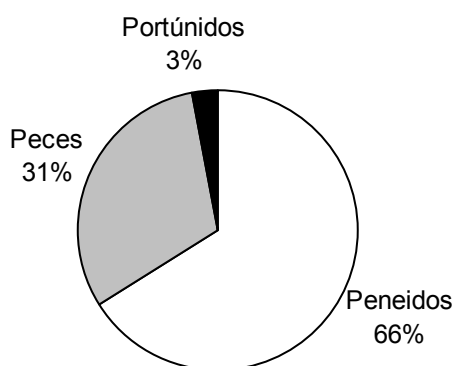


Figura 6. Porcentajes promedio de organismos de importancia comercial encontrados, por grupo, globalmente durante los 13 muestreos mensuales efectuados en las nueve estaciones elegidas en el área de estudio, de junio de 2003 a julio de 2004.

Con respecto a los camarones peneidos, los representantes de camarón blanco (*L. vannamei*) constituyeron el 64 %, seguidas por los de camarón café (*F. californiensis*) con un 18 %, camarón azul (*L. stylirostris*) con el 17 % y, con una menor representación, camarón rojo (*F. brevirostris*) solamente con el 1 % (Fig. 7).

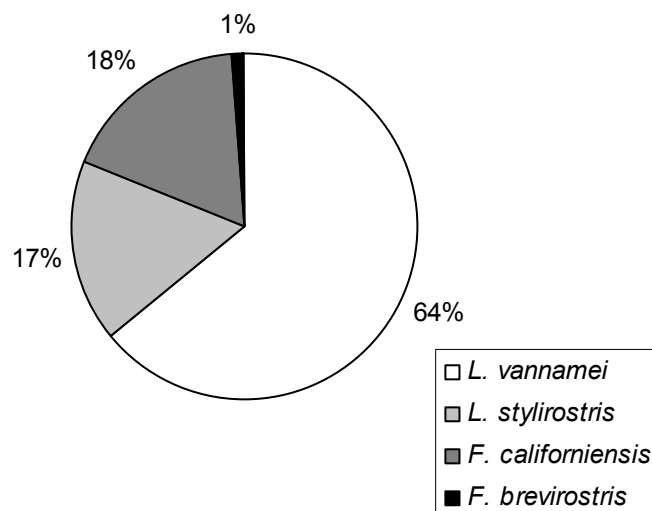


Figura 7. Porcentajes promedio de camarones peneidos encontrados, por especie, globalmente durante los 13 muestreos mensuales efectuados en las nueve estaciones elegidas en el área de estudio, de junio de 2003 a julio de 2004.

Se obtuvo la abundancia tanto de postlarvas como de juveniles de peneidos, así como su distribución en cada una de las estaciones a lo largo del año de muestreo (Fig.8). Dicha abundancia concuerda con los registros que hay acerca de las épocas de arribazón de postlarvas, que se presentan aproximadamente en el periodo de agosto a octubre de cada año, pero no con el período que se registra de abril a junio. En la figura 8 se observa la presencia de postlarvas incluso en las estaciones más alejadas de la boca al sistema lagunar sólo durante los meses de julio y octubre, en el resto la distribución que se presenta es más o menos similar. La mayor cantidad de postlarvas y juveniles de camarones peneidos se presentó en julio del año 2004 en la estación 7 “Copalitos Canal de Llamada”, con un total de 1,021 organismos/1000 m³. Sin embargo, hubo numerosos muestreos en ciertas estaciones y épocas del año en los cuales no se encontraron postlarvas ni juveniles.

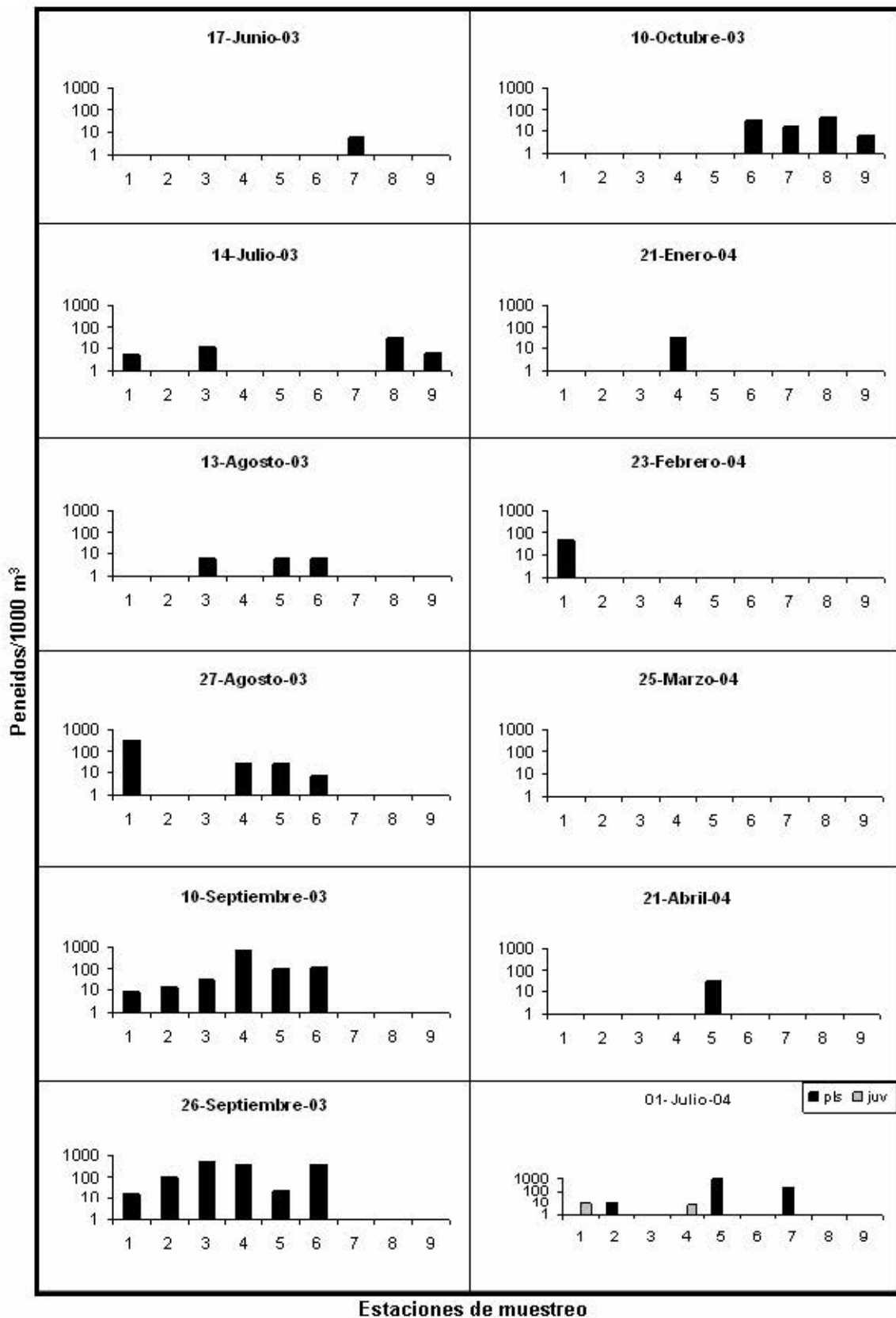


Figura 8. Abundancia de postlarvas y juveniles de camarones peneidos en las diferentes estaciones, durante cada muestreo mensual en el área de estudio (pls= postlarvas; juv= juveniles).

Con respecto a la talla, sólo se encontraron juveniles en el último muestreo realizado (1° de Julio de 2004), en las estaciones 1 y 4. Cabe aclarar que los muestreos fueron realizados en las horas de día. A las 18 horas fue lo más tarde que se recolectaron las muestras, por lo que la ausencia de juveniles podría deberse a las migraciones verticales que realizan a lo largo del día.

Las especies de camarón blanco y azul predominaron en cada uno de los muestreos. Los camarones café y rojo se presentaron en menores proporciones (Fig. 9). Sin embargo, en la muestra tomada en el mes de julio de 2003, se observó relativamente una mayor abundancia de postlarvas de camarón rojo.

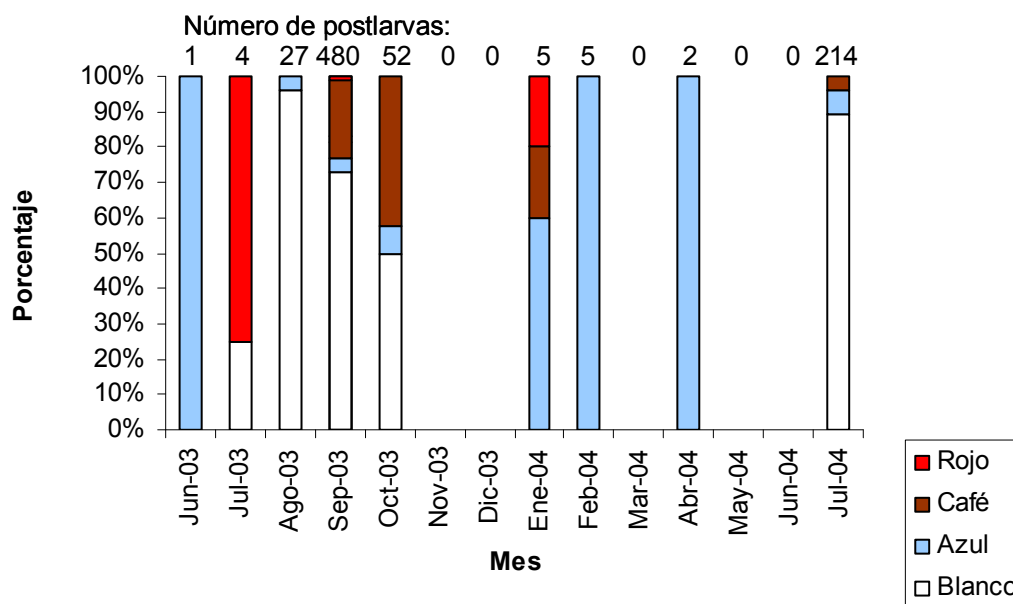


Figura 9. Porcentaje relativo de postlarvas y juveniles de camarones peneidos capturados por especie, durante el muestreo mensual en el área de estudio.

Respecto a las larvas de peces, se encontró globalmente para todo el estudio una densidad promedio de 2,097 org/1000 m³ entre los que se encuentran representantes de las familias *Pleuronectidae*, *Scianidae*, *Engraulidae*, *Gerreidae*, *Mugilidae* y *Diodontidae*, entre otras que carecen de importancia comercial.

Se obtuvieron los porcentajes correspondientes a cada una de estas familias, sin tomar en cuenta el resto de las larvas de peces que carecen de importancia comercial y que, como se mencionó, también fueron recolectadas (Fig. 10).

Los organismos encontrados en mayor proporción pertenecen a las familias *Gerreidae* (52 %) (mojarras), *Engraulidae* (24 %) (sardinias) y *Scianidae* (18 %) (corvinas). En cantidades menores se encontraron larvas de peces de importancia comercial pertenecientes a otras tres familias que incluyen a lisas (*Mugillidae*), botetes (*Diodontidae*) y lenguados (*Pleuronectidae*), entre otros.

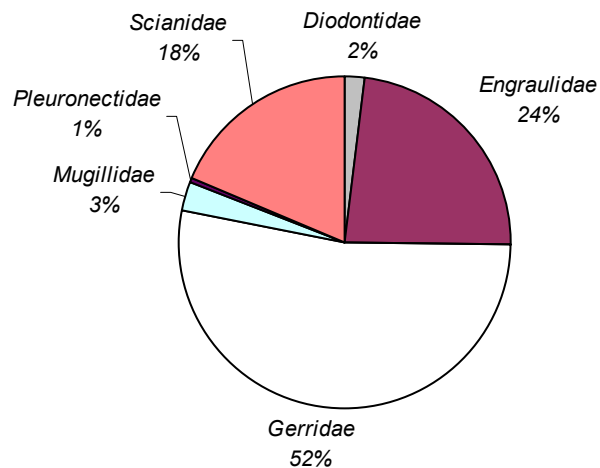


Figura 10. Porcentajes promedio de las larvas de las diferentes familias de larvas de peces de importancia comercial, encontradas globalmente durante los 13 muestreos mensuales efectuados en las 9 estaciones en el área de estudio.

7.2. Muestreo nictimeral

Se tomaron un total de 13 muestras, entre las 19:00 horas del 2 de septiembre de 2005 y las 2:00 horas del día siguiente. El resto de las muestras fueron recolectadas entre las 9:00 y 13:00 horas del 3 de septiembre. Las horas de muestreo correspondieron con las horas durante las cuáles las bombas estuvieron en funcionamiento.

Además, se colocó un estadal en el canal de llamada para tener los valores correspondientes a las variaciones en la altura de la marea. También se registraron los cambios de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (Tabla 2).

Tabla 2. Variaciones de nivel de marea, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante las horas del muestreo nictimeral.

Hora	Marea (cm)	T°C	S(ups)	O ₂ (mg/L)
1900	63	30.2	33.0	1.90
2000	83	30.1	34.9	1.85
2100	94	30.2	35.1	2.02
2200	103	30.2	35.3	3.26
2300	102	30.1	36.0	3.90
2400	90	30.1	35.3	2.22
100	61	29.8	35.4	1.80
200	18	29.7	35.4	0.51
900	68	29.2	35.1	1.42
1000	78	29.4	35.1	1.52
1100	85	29.6	35.0	1.74
1200	83	29.6	34.9	1.87
1300	64	29.9	35.0	1.89

La marea alcanzó un nivel mínimo de 18 cm a las 2:00 horas y uno máximo de 103 cm a las 22:00 horas. Lo que se manifestó en las variaciones de algunos de los otros parámetros (Fig. 11). El valor mínimo de temperatura fue de 29.2 °C a las 9:00 horas y el máximo de 30.2 °C se mantuvo casi constante entre las 19:00 y las 24:00 horas. Como se observa, las variaciones de este parámetro no fueron muy amplias. La salinidad tampoco varió considerablemente. La mínima fue de 33 ups a las 19:00 horas y la máxima de 36 ups a las 23:00 horas y coincidió con la marea más alta, lo cual es de esperarse debido a que durante el periodo de flujo las corrientes de marea

transportan las aguas del golfo de California de 35.2-36.4 ups (Roden y Emilson, 1908) hacia el interior de la laguna.

Al observar los datos registrados de oxígeno disuelto, se ve una clara relación con el nivel de marea. Se aprecia incluso como disminuye hasta un mínimo de 0.51 mg/L, coincidiendo a las 2:00 horas con el nivel de marea más baja. Cabe aclarar que estas condiciones tan bajas de oxígeno disuelto (casi anóxicas) son difíciles de explicar. Pudiera deberse a un error en la toma de esta muestra, esto es, que el sensor del oxímetro hubiera quedado en contacto directo sobre el fondo del cuerpo de agua (donde sí es posible encontrar valores tan bajos). Sin embargo, si se toma en cuenta sólo la tendencia, se observa, efectivamente, que hay una concordancia con el nivel de la marea, es decir, mientras hay una penetración de agua por el aumento de la marea (durante el flujo), los niveles de oxígeno son mayores que cuando la marea baja (durante el reflujó).

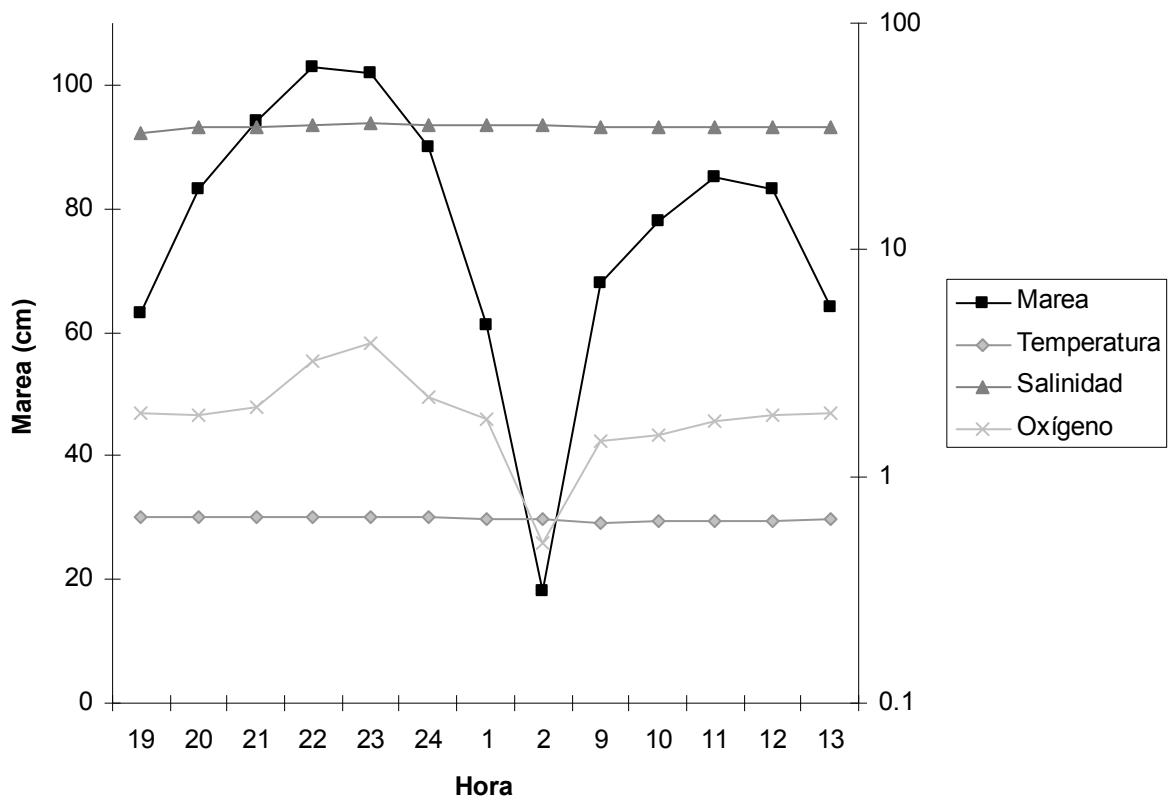


Figura 11. Variaciones de temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mg/L) con respecto al nivel de marea, registradas durante el muestreo nictimeraI en el canal de llamada de la granja, durante las horas del bombeo.

El máximo de oxígeno fue de 3.9 mg/L. Este valor fue registrado, al igual que el nivel mayor de marea, a las 23:00 horas, como se mencionó anteriormente.

Con respecto al zooplancton capturado, se separaron los organismos correspondientes a los portúnidos, larvas de peces y postlarvas y juveniles de camarones peneidos. En este segundo tipo de muestreo se tienen dos grupos de organismos: (a) los que se capturaron mediante los arrastres en el canal de llamada (justo antes de la estación de bombeo) y (b) los que fueron capturados en el agua de bombeo mediante la estructura cuadrada, ambos con duración de 10 minutos y recolectados simultáneamente.

En el canal de llamada se capturó un total de 1077 organismos pertenecientes a los tres grupos en estudio. De estos, el 79 % fueron postlarvas y juveniles de camarones peneidos pertenecientes a *L. vannamei*, *L. stylirostris*, *F. californiensis* y *F. brevirostris*. Después se encuentran las larvas de peces de importancia comercial con un 20 % y los portúnidos fueron encontrados en mucho menor cantidad con 1 % (Fig. 12a).

En cambio, en el agua de bombeo se recolectó un total de 6,405 organismos de importancia comercial, pertenecientes a los tres grupos principales, cuyos porcentajes fueron similares a los encontrados en el muestreo realizado simultáneamente en el canal de llamada. Sin embargo, en este caso se aprecia un porcentaje un poco mayor de postlarvas de camarón (85 %) con respecto al porcentaje de larvas de peces (14 %). Los portúnidos continuaron siendo el grupo que tuvo la menor representación (1 %) (Fig.12b).

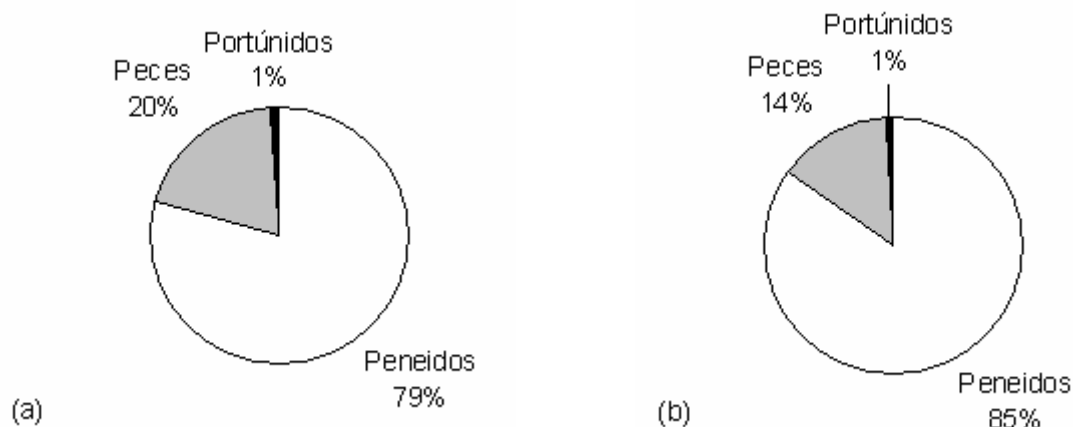


Figura 12. Porcentajes de los grupos de organismos capturados en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b) durante el muestreo nocturno en las horas del bombeo.

Respecto a las postlarvas de camarón recolectadas, existe un predominio de *L. vannamei* (camarón blanco) sobre el resto de las especies tanto en los muestreos hechos en el canal de llamada como en los del agua bombeada. Sin embargo, en el canal de llamada se puede observar una cierta disminución de camarón blanco conforme avanza la noche, hasta encontrar la cantidad más baja (40 %) en el muestreo de las 23 horas (Fig. 13a). Después se observa que su abundancia aumenta de nuevo, lo que se puede relacionar también con los niveles de marea. Pero esta relación entre abundancia de camarón blanco y nivel de marea no se observó en las muestras tomadas en el agua de bombeo.

En las muestras de agua bombeada también se observó el predominio del camarón blanco sobre el resto de las especies. Aunque no hay una relación tan notoria, al igual que en las muestras del canal de llamada, hay una marcada disminución (30 %) de su densidad a las 23 horas. Al comparar con el muestreo simultáneo en el canal de llamada, se observa también una disminución de esta especie en las muestras tomadas a la misma hora. Le sigue en porcentaje el camarón café y en menores proporciones se encuentran el camarón azul y el camarón rojo (Fig. 13b).

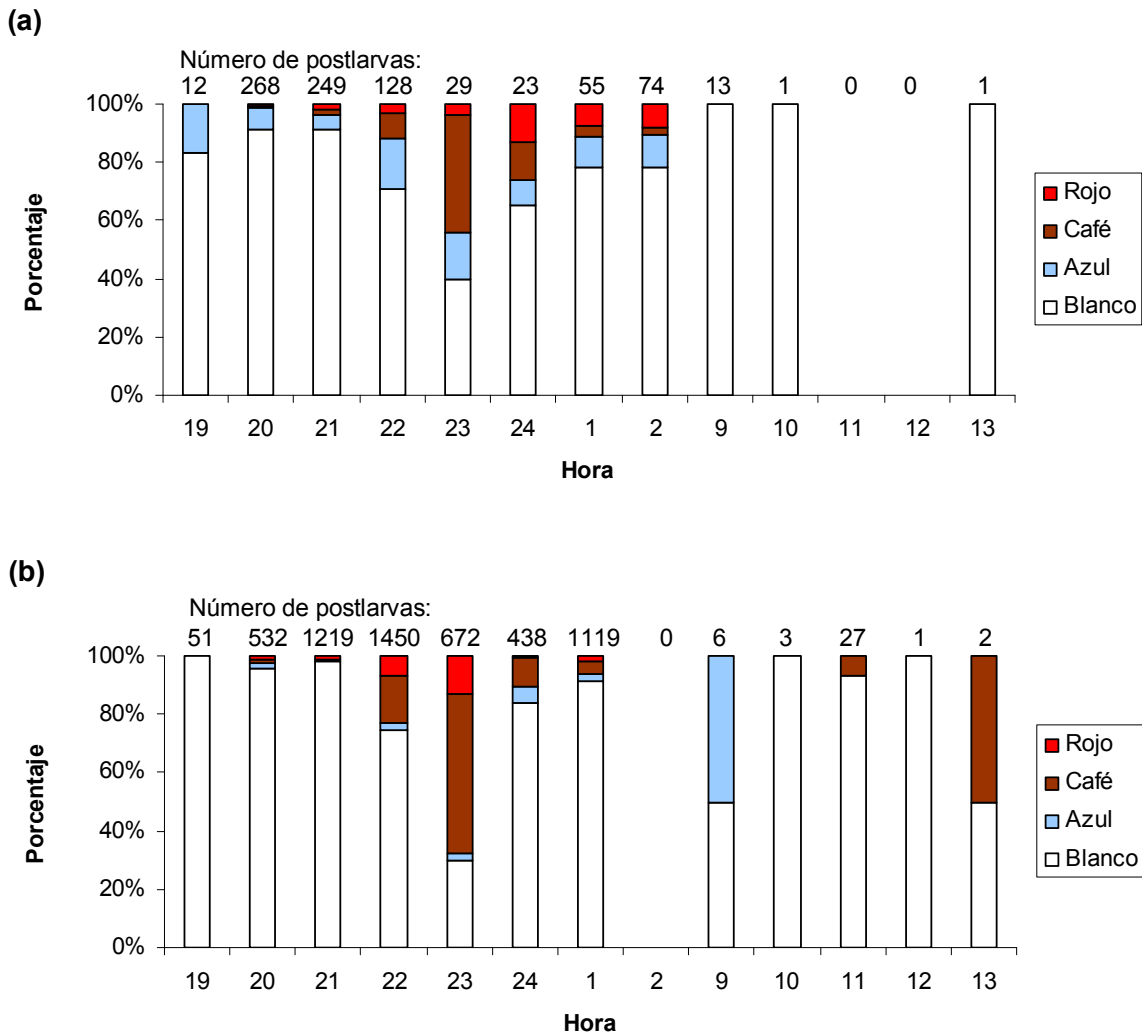


Figura 13. Porcentajes relativos de las especies de camarones peneidos recolectadas en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b) en el muestreo nocturno durante las horas del bombeo.

Las densidades de postlarvas y juveniles de camarones peneidos en el canal de llamada variaron de forma similar con respecto al nivel de marea como se mencionó anteriormente (Fig. 14). Se observó que los valores mayores correspondieron a las muestras tomadas durante las horas de la noche, con un máximo de 4,213.12 org/1000 m³ a las 20:00 horas, es decir durante el flujo, cuando la marea estaba en ascenso. Después se observa un marcado descenso hacia la media noche, donde se encontraron densidades mínimas de 442 org/1000 m³. Estos valores vuelven a incrementarse en las horas de la madrugada, aunque ya no son tan altos como en el

máximo alcanzado a las 20:00 horas. Incluso, en las horas de medio día (muestras de las 11:00 y 12:00 horas) no se encontraron postlarvas ni juveniles.

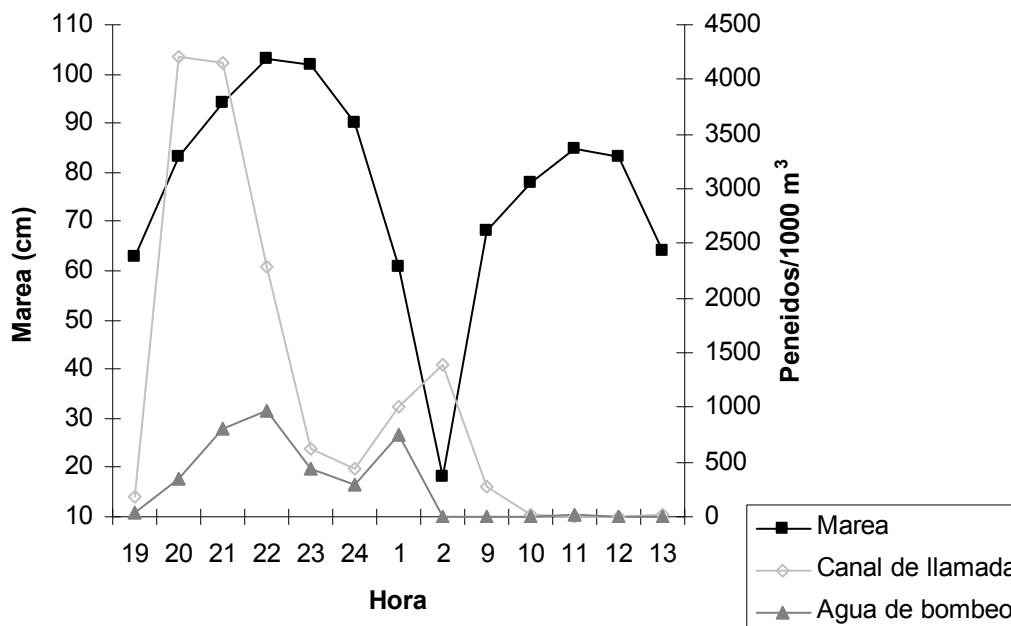


Figura 14. Densidad de camarones peneidos en función del nivel de la marea en el canal de llamada y en el agua de bombeo en el muestreo nictimeral durante las horas del bombeo.

En las muestras tomadas en el agua de bombeo, al igual que en las del canal de llamada, las mayores densidades de postlarvas se presentaron durante las horas de la noche, encontrándose un máximo de 967 org/1000 m³ a las 22:00 horas y después se observa una disminución que coincide con la bajamar. Sin embargo, en el muestreo de la 1:00 de la mañana se observó nuevamente un aumento en la densidad de postlarvas encontradas (746 postlarvas/1000 m³). En las muestras siguientes de las horas de día, se observaron densidades muy bajas y, en algunos casos, no se encontraron postlarvas ni juveniles.

Esta marcada ausencia de camarones peneidos durante las horas de la mañana puede ser explicada por las migraciones diurnas verticales que son comunes en muchas larvas de decápodos. Aunque este comportamiento no ha sido demostrado en las especies de peneidos del Pacífico Mexicano, es muy probable que también se presente (Mair et al., 1982) ya que se ha determinado que varios factores físicos

afectan estos movimientos verticales en los crustáceos y sus larvas, entre los cuales el efecto de la luz es de gran importancia (Watkins, 1980). Se ha observado una relación inversa entre la posición de las postlarvas de peneidos y la intensidad luminosa, encontrándose en el fondo de día y en la superficie durante la noche (Roessler et al., 1971) (Fig. 15).

Las tendencias crecientes y decrecientes de las densidades de peneidos en ambos muestreos son muy similares, es decir, las horas en que se encontraron las mayores densidades de postlarvas en el canal de llamada son las mismas para los muestreos en el agua de bombeo. Sin embargo, también se observa una gran diferencia en los valores encontrados ya que son mucho mayores en las muestras del canal de llamada (antes de la bomba), sobre todo si se comparan las máximas densidades. Esto es más de 4,000 postlarvas/1000 m³ en el canal de llamada, contra poco menos de 1,000 postlarvas/1000 m³ en el agua de bombeo (después de la bomba).

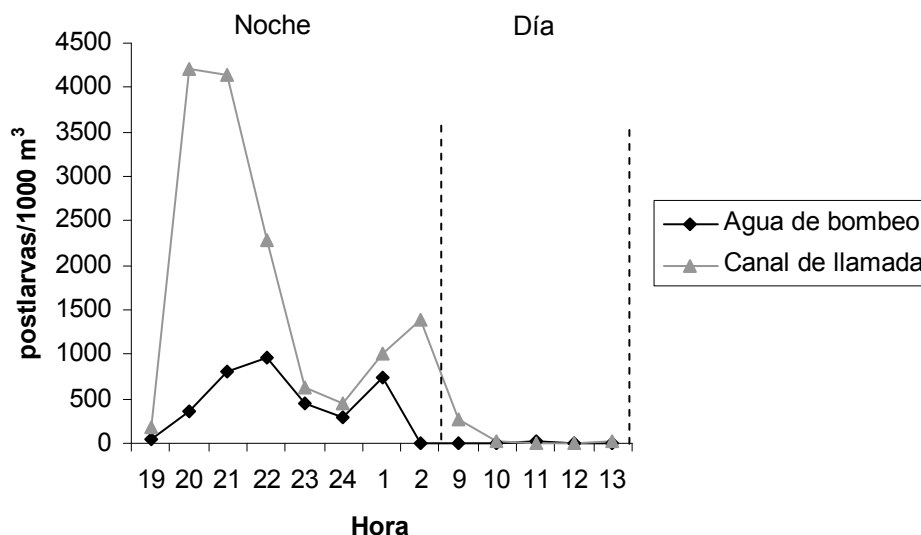


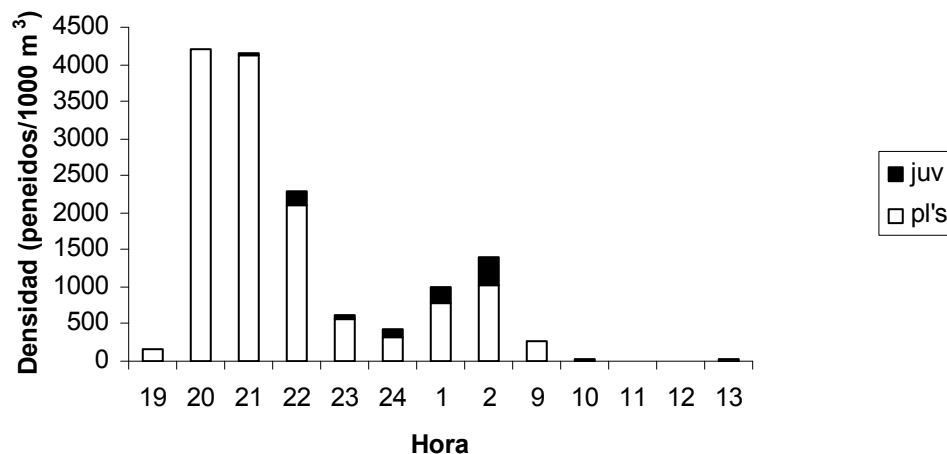
Figura 15. Densidades de camarones peneidos recolectados en el canal de llamada y en el agua bombeada durante el muestreo nictimeral en las horas del bombeo.

Si las densidades totales que se mencionaron anteriormente se separan de acuerdo a la talla, es decir, comparando densidades de postlarvas y de juveniles tanto en el canal de llamada como en el agua de bombeo, encontramos que, en su gran mayoría los organismos recolectados presentan tallas de postlarvas (95 % postlarvas y 5 %

juveniles). Casi en todas las muestras del estero se encontraron juveniles, con excepción y/o poca presencia en las horas de día (aquellas correspondientes a las 9:00, 11:00, 12:00, 13:00 y 20:00 horas). En cambio, en las muestras de la 1:00 y 2:00 horas (de noche) se encontraron las mayores cantidades de juveniles, alcanzando densidades de 220 y 302 juveniles/1000 m³, respectivamente. (Fig. 16a).

En cuanto a los peneidos recolectados en el agua de bombeo, también se encontró que las mayores densidades corresponden a organismos en estadio de postlarvas. En este caso, sólo se encontraron juveniles en las muestras de las 22:00 y 23:00 horas, ambas con apenas 1.3 juveniles/1000 m³, a las 24:00 horas con la mayor densidad de 25 juveniles/1000 m³ y a la 1:00 del día siguiente con 4 juveniles/1000 m³ (Fig. 16b). En todos los casos, los juveniles encontrados presentaron tallas de hasta 63 mm de longitud total.

(a)



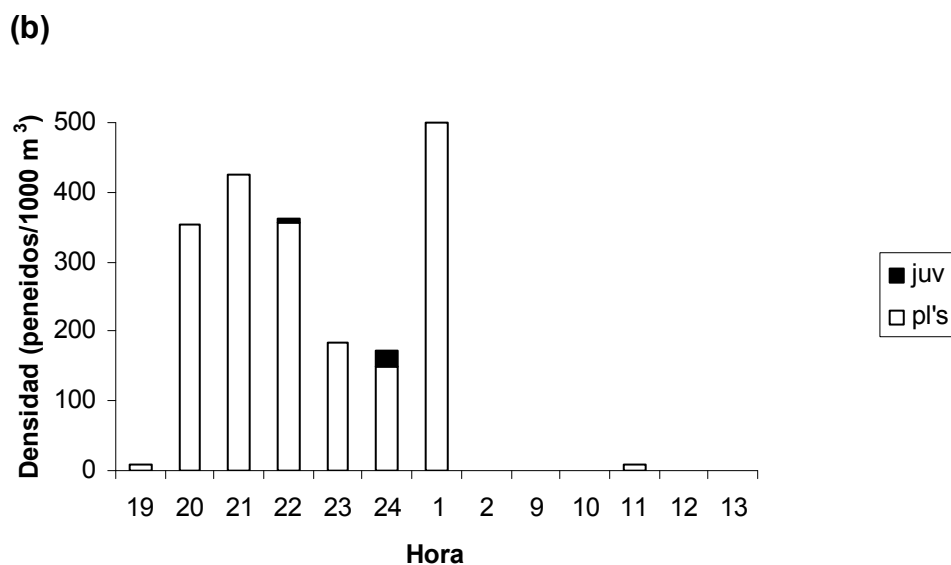


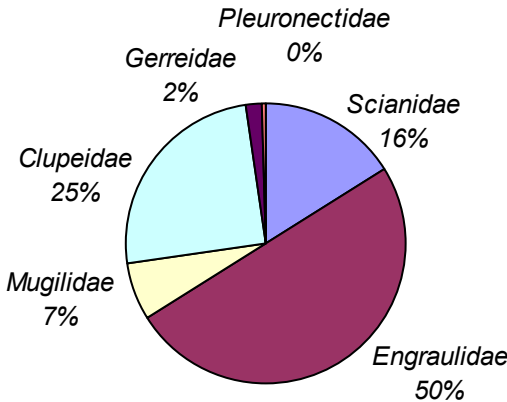
Figura 16. Densidades de postlarvas (pl's) y juveniles (juv) de camarones peneidos en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b) durante el muestreo nocturno en las horas del bombeo.

En cuanto a las larvas de peces de importancia comercial capturadas en el canal de llamada, la familia predominante fue *Engraulidae* (sardinias) con 50 %, seguida por la familia *Clupeidae* con 25 % y en menor proporción se encontró la familia *Scianidae* (corvinas) con 16 % (Fig. 17a). Al igual que durante los muestreos mensuales, en el canal de llamada se encontraron pocos representantes de las familias *Mugilidae* y *Pleuronectidae*, también de importancia comercial. Sin embargo, a diferencia del muestreo mensual, donde la familia *Gerreidae* fue la de mayor porcentaje (52 %), en este muestreo dicha familia fue una de las menos representadas (2 %). Quizá esto pueda ser explicado por las fechas en las que fue realizado el muestreo nocturno, es decir, que durante el mes de septiembre la presencia de larvas de mojarra sea menor que durante el resto del año.

En el caso de las larvas de peces recolectadas en el agua de bombeo, también predominaron los organismos representantes de la familia *Engraulidae* (36 %). En cambio, se observó un mayor porcentaje de la familia *Gerreidae* (10 %) con respecto al muestreo del canal de llamada (pero que sigue siendo menor respecto al resto del año).

También se presentó un aumento en la familia *Scianidae*, alcanzando el 21 %. El resto de las familias de peces de importancia comercial presentan porcentajes similares a los observados en el muestreo realizado en el canal de llamada (Fig. 17b).

(a)



(b)

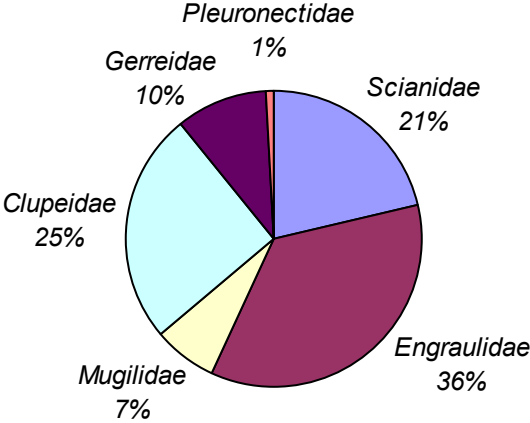


Figura 17. Porcentajes relativos de las familias de larvas de peces de importancia comercial encontradas durante el muestreo nictimeral en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b).

La comparación de las densidades de larvas de peces con los niveles de marea muestra que las mayores densidades encontradas están relacionadas con las mareas altas (Fig. 18).

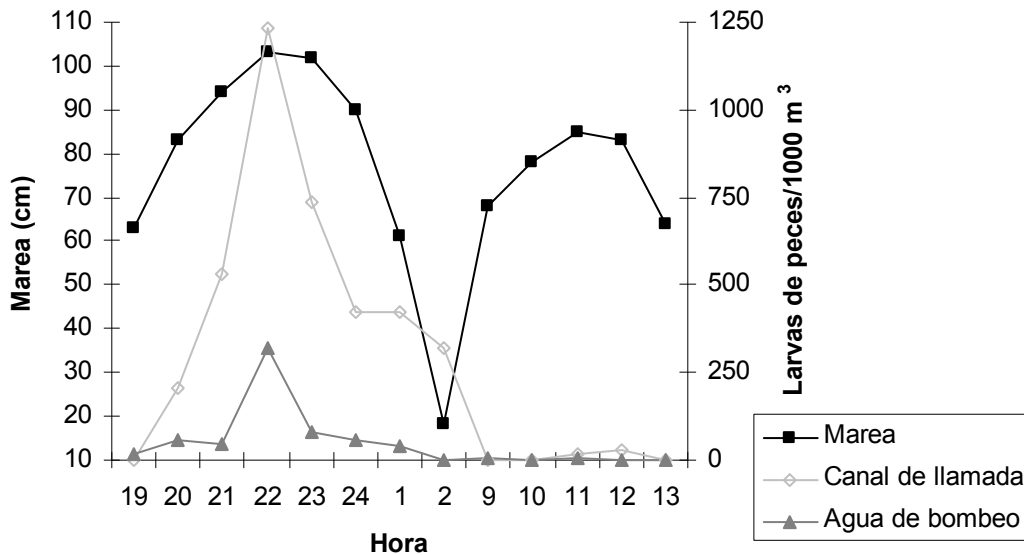


Figura 18. Densidad de larvas de peces en función del nivel de la marea en el canal de llamada (a) y en el agua de bombeo (b) durante las horas del bombeo.

En las muestras del canal de llamada se aprecia un incremento en la densidad de organismos durante las horas de la noche, con un máximo de 1,235 larvas de peces/1000 m³ a las 22:00 horas (Fig. 19). De igual forma, la mayor densidad de larvas de peces recolectadas en el agua de bombeo se registró a la misma hora, pero correspondió a una densidad mucho menor (317 larvas de peces/1000 m³).

En cambio, las cantidades de larvas encontradas en las muestras tomadas en las horas del día fueron muy bajas en ambos muestreos (entre 1 y 26 larvas de peces/1000 m³). En algunos de los muestreos no se encontró ninguna larva.

Sin embargo, al igual que sucede con los peneidos, al comparar las máximas densidades tanto de las muestras del canal de llamada y las del agua de bombeo, se observan mayores densidades en las muestras recolectadas en el canal de llamada (antes de la bomba) que en las que se tomaron en el agua de bombeo (después de

la bomba), aunque las tendencias en aumento y disminución de organismos son las mismas (Fig. 19).

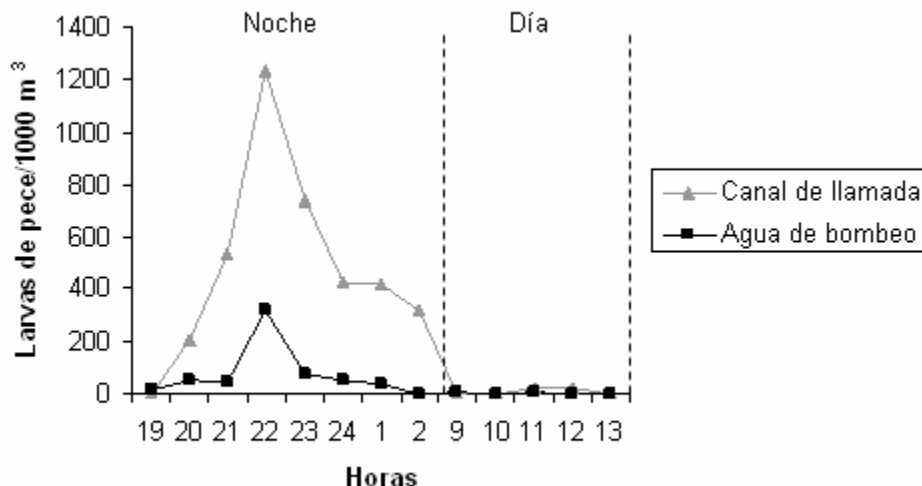


Figura 19. Densidad de larvas de peces recolectadas en el canal de llamada y en el agua de bombeo durante el muestreo nocturnal.

En cuanto al grupo de los portúnidos, las densidades totales registradas fueron de 207 y 43 organismos/1000 m³ en el canal de llamada y el agua de bombeo, respectivamente. Estos organismos se encontraron en menores cantidades, incluso no se presentaron en muchas de las muestras tomadas en el canal de llamada ni en el agua de bombeo. De igual forma, se hicieron las mismas comparaciones con respecto al nivel de marea y las densidades en ambos tipos de muestreo (Fig. 20). La máxima densidad encontrada fue de 90 org/1000 m³ en las muestras del canal de llamada en el muestreo de las 22:00 horas. Lo que coincide, otra vez, con el mayor nivel de marea. Sin embargo, en este grupo se observa un segundo pico en la densidad, que se encuentra a las 2:00 horas (19 org/1000 m³) cuando el nivel de marea es mínimo, contrario a lo que sucede en los grupos de larvas de peces y postlarvas de peneidos.

Por otra parte, en el muestreo del agua de bombeo, la máxima densidad fue de 21 portúnidos/1000 m³ y se encontró a las 21:00 horas, poco antes del máximo nivel de

marea. En este caso, las densidades disminuyeron en las muestras de las horas siguientes, incluso durante la bajamar.

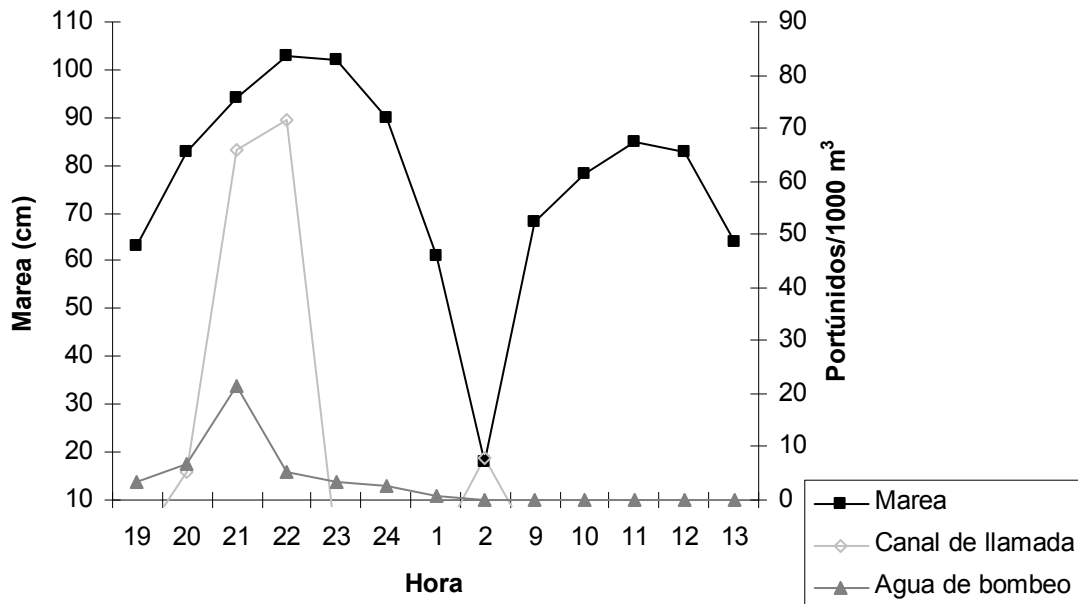


Figura 20. Densidad de portúnidos en función del nivel de la marea en el canal de llamada y en el agua de bombeo durante el muestreo nocturno.

Nuevamente, si se comparan las máximas densidades entre las muestras del canal de llamada y las del agua de bombeo de este tercer grupo de organismos, se observan mayores densidades en las muestras colectadas en el canal de llamada (antes de la bomba) en comparación con las que se tomaron en el agua de bombeo (después de la bomba) (Fig. 21).

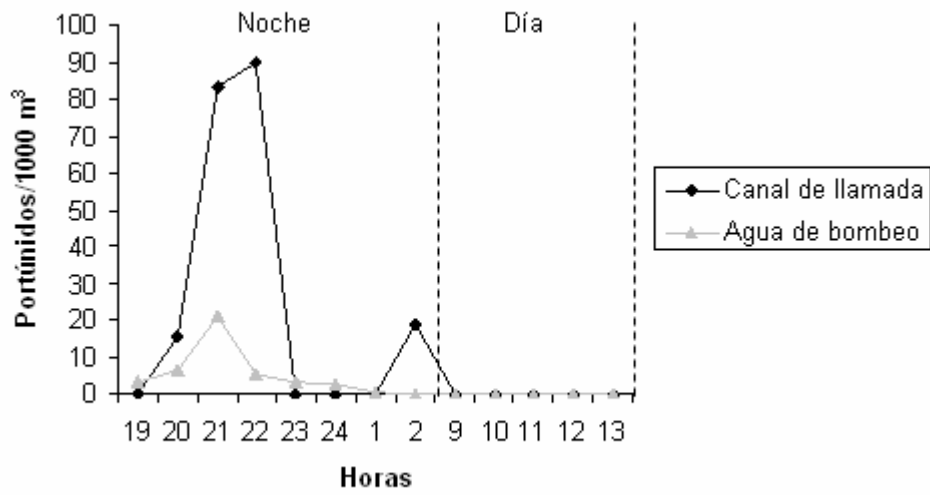


Figura 21. Densidad de portúnidos recolectados en el canal de llamada y en el agua de bombeo durante el muestreo nocturnal.

7.3. Escenario 1: Estimación de los organismos succionados por las granjas camaronícolas

La estimación de las capturas incidentales de los tres grupos de organismos estudiados, postlarvas y juveniles de camarones peneidos, larvas de peces de importancia comercial y portúnidos se realizó bajo las siguientes consideraciones:

- (1) Se asumió un área total de las granjas de camarón que operan alrededor del sistema Santa María-La Reforma de 7, 724 ha, aproximadamente. Las localidades donde se efectuaron los muestreos de este estudio se encuentran en la parte sur del sistema, lo que corresponde aproximadamente a la mitad del área destinada para la acuacultura, esto es, 3,862 ha (CESASIN, 2005).
- (2) Para obtener el volumen de agua de llenado de los estanques y, posteriormente de los recambios, se asumió que los estanques tienen, en promedio, 1 m de profundidad. Por lo tanto, se tiene que para el llenado se bombeó un total de 38'620,000 m³ de agua en cada uno de los ciclos de cultivo. En cuanto a los recambios, se asumieron tasas del 3 % y 15 %, mismos que equivalen a 1'158,600 m³ y 5'793,000 m³ de agua, respectivamente.
- (3) Al no hacerse muestreos durante todos los días del mes, se hizo una extrapolación a partir del muestreo puntual efectuado cada mes. Además, se supuso que el número de organismos que se obtuvo en el muestreo puntual es el correspondiente para los días durante los cuales se realiza el bombeo en las granjas.
- (4) En este primer cálculo (escenario 1) se asume que el número de organismos succionados se corresponde con los existentes en los canales de llamada muestreados. Aragón-Noriega y García-Juárez (2002) y Valenzuela-Quiñonez *et al.* (2004) utilizaron este criterio.

- (5) Dentro de los criterios empleados para estimar el número de organismos succionados por las bombas también se partió del supuesto de que la mayoría o todas las granjas de camarón de la zona siembran el primer ciclo en marzo (del 10 al 20 de marzo) y el segundo ciclo en julio (del 1 al 15 de julio). Para el año 2005 CESASIN registró que el 70 % de las granjas iniciaron el ciclo y sembraron de acuerdo a las fechas mencionadas (CESASIN, 2005).
- (6) De manera general, se consideraron dos ciclos de cultivo por año: uno correspondiente a los meses de primavera-verano y el segundo en los meses de verano-otoño.

Bajo las consideraciones anteriores, se obtuvieron los siguientes resultados para cada uno de los grupos estudiados:

7.3.1.1. Postlarvas y juveniles de camarones peneidos succionados durante el ciclo primavera-verano

Se consideró que el llenado total de los estanques en el inicio del ciclo de cultivo se realizó del 10 al 20 de marzo. En el muestreo realizado en ese mes no se registró ninguna postlarva ni juvenil de camarones peneidos, por lo que, bajo esta suposición, se puede concluir que las bombas no succionan ninguno de estos organismos durante la fase del llenado de los estanques para este ciclo.

Se realizó también la estimación en el caso extremo, o sea, considerando que se hubieran llenado los estanques en el mes de abril. En este mes (como en casi todos) los muestreos se realizaron en las 9 localidades y, en promedio, se registraron 3.3 pl/1000 m³ en el canal de llamada (Tabla 3). Al extrapolar a toda el área de estanquería existente en la parte sur del sistema lagunar de Santa María, o sea 38'620,000 m³ de agua, se tiene un total de 126,159 postlarvas succionadas durante el llenado de los estanques, sin encontrarse juveniles en este muestreo.

Tabla 3. Promedios de postlarvas de camarones peneidos encontradas en las 9 localidades durante los meses del ciclo primavera-verano.

Mes	Pls/1000 m ³	Promedio
Marzo	0	0
Abril	29.4	3.3
Mayo	0	0
Junio	6	0.67

En cuanto a las tasas de recambio, durante los meses de abril, mayo y hasta el 10 de junio, las tasas fueron del 3 % diario, esto equivale en total a 121,267 postlarvas potencialmente succionadas. En el recambio del 15 % realizado únicamente durante el mes de junio, se estimó un total de 77,240 postlarvas succionadas (Tabla 4).

Tabla 4. Postlarvas de camarones peneidos presumiblemente succionadas durante el ciclo primavera-verano.

Mes	Recambio	Postlarvas por día	Días transcurridos	Total de postlarvas
Marzo	Llenado	0	10	0
Abril	Llenado	126,159		126,159
	R 3 %	3,785	30	113,543
Mayo	R 3 %	0	31	0
Junio	R 3 %	772	10	7,724
	R 15 %	3862	20	77,240

En total por llenado de los estanques se tiene que se succionaron 126,159 postlarvas, lo que corresponde al 39 % y, sumando las postlarvas succionadas durante ambas tasas de recambio, se tienen 198,507 postlarvas, correspondiente al 61 % restante de este ciclo. Al sumar las cantidades de postlarvas presumiblemente succionadas por el primer ciclo completo de cultivo (llenado de estanques más los recambios) se tiene un total de 324,665 postlarvas succionadas (Fig. 22).

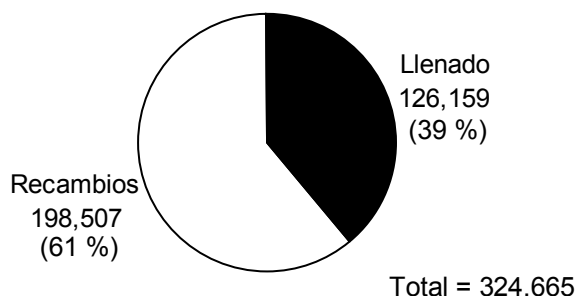


Fig. 22. Estimación de postlarvas y juveniles de camarones peneidos presumiblemente succionadas durante el ciclo primavera-verano.

7.3.1.2. Postlarvas y juveniles de camarones peneidos succionados durante el ciclo verano-otoño

En este ciclo se consideró que el llenado total de los estanques se efectúa del 1 al 15 de julio de manera generalizada en todas las granjas. En este mes también se realizaron los muestreos en las 9 localidades. Se encontró un promedio de 6.1 pl/1000 m³ en el canal de llamada (Tabla 5). Al extrapolar esa cantidad al total de la superficie de estanquería de la zona sur del sistema lagunar Santa María, o sea 38'620,000 m³ de agua, se tiene un total de 234,724 postlarvas presumiblemente succionadas durante el llenado de los estanques, de las cuales, el 1.2 % corresponde a organismos que ya estaban en el estadio de juveniles, esto es 2,817 juveniles de camarones peneidos potencialmente capturados.

Tabla 5. Promedios de postlarvas y juveniles de camarones peneidos encontradas en las 9 localidades durante los meses del ciclo verano-otoño.

Mes	Pls/1000 m ³	Promedio
Julio	54.7	6.1
Agosto (muestra 1)	19.4	2.16
Agosto (muestra 2)	403.3	44.81
Septiembre (muestra 1)	1,050	116.67
Septiembre (muestra 2)	1,505	167.22
Octubre	6	0.67

En cuanto a los recambios, durante los meses de julio, agosto y hasta el 17 de septiembre, las tasas de recambio fueron del 3 %, considerando el número de postlarvas encontradas para tales fechas esto equivale a 3'359,625 de postlarvas presumiblemente succionadas. En los recambios de 15 % realizados después del 18 de septiembre y hasta el 10 de octubre, se estimó un total de 12'631,958 de postlarvas succionadas (Tabla 6).

Tabla 6. Postlarvas y juveniles de camarones peneidos potencialmente succionadas durante el ciclo verano-otoño.

Mes	Recambio	Postlarvas por día	Días transcurridos	Total de postlarvas
Julio	Llenado			234,724
	R 3 %	7,042	31	218,293
Agosto	R 3 % (m 1)	2,497	15.5	38,710
	R 3 % (m 2)	51,918	15.5	804,731
Septiembre	R 3 %	135,170	17	2'297,890
	R 15 %	968,718	13	12'593,338
Octubre	R 15 %	3,862	10	38,620

En total por llenado de los estanques se succionaron 234,724 postlarvas, lo que corresponde sólo al 1.45 % y, sumando las succionadas durante los recambios, se tienen 15'991,583 postlarvas correspondiente al 98.55 % del total para ese ciclo (Fig. 23). Al sumar las cantidades de postlarvas potencialmente succionadas durante el segundo ciclo (llenado de estanques más los recambios) se tiene un total de 16'226,307 postlarvas presumiblemente succionadas.

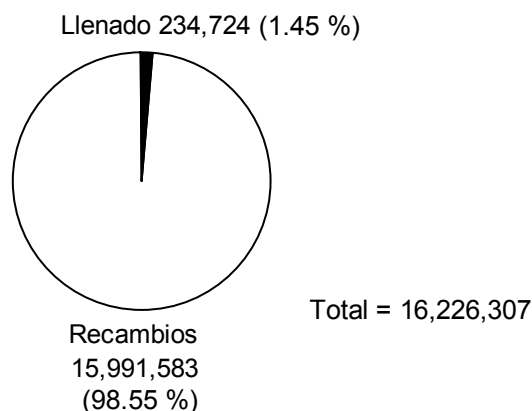


Figura 23. Estimación de postlarvas y juveniles de camarones peneidos presumiblemente succionadas durante el ciclo verano-otoño.

Al sumar los resultados de las estimaciones hechas para ambos ciclos, se tiene un total de 16'550,973 postlarvas y juveniles de camarones peneidos succionados por las unidades de bombeo a lo largo de todo el año en las granjas de la parte sur de este sistema lagunar. De este total, el 1.96 % (324,666 postlarvas y juveniles) se estima para el ciclo primavera-verano y el 98.03 % (16'226,307 postlarvas y juveniles) corresponde al ciclo verano-otoño (Fig. 24).

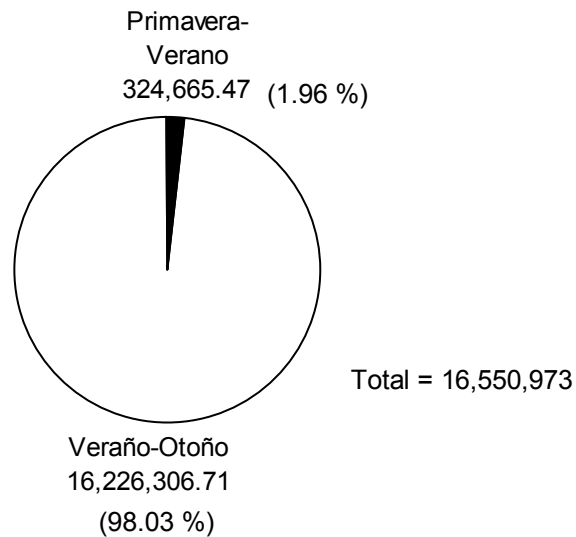


Fig. 24. Total de postlarvas de camarones peneidos potencialmente succionadas en ambos ciclos de cultivo.

Cabe mencionar que, de acuerdo a las estimaciones realizadas, sólo durante el mes de septiembre se succiona el 90 % (14'891,229) del total de postlarvas en todo el año, lo que se debe, como se sabe, a que es el mes en que se presentan las mayores arribazones en Sinaloa (Calderón, 1988).

7.3.2.1. Larvas de peces de importancia comercial succionadas durante el ciclo primavera-verano

Nuevamente se consideró que en el mes de marzo (del 10 al 20 de marzo) se lleva a cabo el llenado total inicial de los estanques. En este mes se encontraron larvas de peces comerciales en los muestreos realizados en las 9 localidades, con un promedio de 57 larvas/1000 m³ (Tabla 7). Al extrapolar a 38'620,000 m³ de agua, se tiene un total de 2'183,532 larvas de peces de importancia comercial presumiblemente succionadas durante el llenado de los estanques.

Tabla 7. Promedios de larvas de peces de importancia comercial encontradas en las 9 localidades durante los meses del ciclo primavera-verano.

Mes	Larvas/1000 m ³	Promedio
Marzo	508.85	56.53
Abril	337.76	37.53
Mayo	0	0
Junio	65.19	7.24

Los recambios del 3 % se realizaron durante los meses de abril, mayo y hasta el 10 de junio. Considerando la superficie de estanquería en operación en la región de estudio, el 3 % equivale a 1'388,350 larvas de peces presumiblemente succionadas. En el recambio del 15 % realizado durante este ciclo únicamente en el mes de junio, se estimaron 839,212.6 larvas de peces succionadas (Tabla 8).

Tabla 8. Larvas de peces de importancia comercial presumiblemente succionadas durante el ciclo primavera-verano.

Mes	Recambio	Larvas por día	Días transcurridos	Total de larvas
Marzo	Llenado			2'183,532
Abril	R 3%	43,481	30	1'304,429
Mayo	R 3 %	0	31	0
Junio	R 3 %	8392	10	83,921
	R 15 %	41,961	20	839,213

Se estima que por llenado de los estanques son potencialmente succionadas 2'183,532 larvas de peces, lo que corresponde al 49.5 % de este primer ciclo. Al sumar las larvas succionadas durante ambas tasas de recambio, se tienen 2'227,563 larvas, correspondiente al 50.5 % del ciclo. Al sumar las cantidades de larvas potencialmente succionadas por el primer ciclo de cultivo (llenado de estanques más los recambios) se tiene un total de 4'411,095 larvas de peces de importancia comercial potencialmente succionadas durante este primer ciclo de cultivo (Fig. 25).

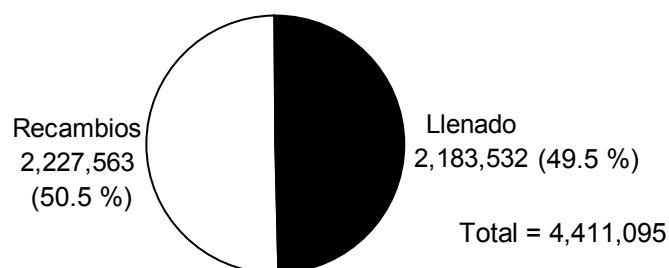


Fig. 25. Estimación de larvas de peces de importancia comercial presumiblemente succionadas durante el ciclo primavera-verano.

7.3.2.2. Larvas de peces de importancia comercial succionadas durante el ciclo verano-otoño

Como se mencionó anteriormente, en este ciclo el llenado total inicial de los estanques se realizó del 1 al 15 de julio. En los muestreos que se llevaron a cabo durante este mes en las 9 localidades se encontró un promedio de 4.39 larvas/1000 m³ (Tabla 9). Al extrapolar esa cantidad al total de la superficie de estanquería de la zona sur del sistema lagunar Santa María, o sea 38'620,000 m³ de agua, se tiene un total de 169,670.53 larvas de peces presumiblemente succionadas durante el llenado de los estanques.

Tabla 9. Promedios de larvas de peces de importancia comercial encontradas en las 9 localidades durante los meses del ciclo verano-otoño.

Mes	Larvas/1000 m ³	Promedio
Julio	171.1	19.01
Agosto (muestreo 1)	33.61	3.73
Agosto (muestreo 2)	93.12	10.35
Septiembre (muestreo 1)	40.42	4.49
Septiembre (muestreo 2)	123.84	13.76
Octubre	16.95	1.88

En cuanto a las tasas del 3 % de recambios realizados en los meses de julio, agosto y hasta el 17 de septiembre, se estiman 499,125 larvas presumiblemente succionadas. En los recambios de 15 % realizados después del 18 de septiembre y hasta el 10 de octubre, se estimó un total de 1'145,353 larvas succionadas (Tabla 10).

Tabla 10. Larvas de peces de importancia comercial presumiblemente succionadas durante el ciclo verano-otoño.

Mes	Recambio	Larvas por día	Días transcurridos	Total de larvas de peces
Julio	Llenado			169,671
	R 3 %	5,090	31	157,794
Agosto	R 3 % (m 1)	4,327	15.5	67,064
	R 3 % (m 2)	11,988	15.5	185,809
Septiembre	R 3 %	5,203	17	88,458
	R 15 %	79,712	13	1'036,252
Octubre	R 15 %	10,910	10	109,102

Por llenado de estanques se tienen 169,671 larvas de peces (9.35 %) y, sumando las larvas succionadas durante todos los recambios, se tienen 1'644,478, lo que corresponde a 90.65 % del total para ese ciclo (Fig. 26). Al sumar las cantidades de larvas de peces succionadas durante el segundo ciclo completo de cultivo (llenado de estanques más recambios) se tienen 1'814,148 larvas.

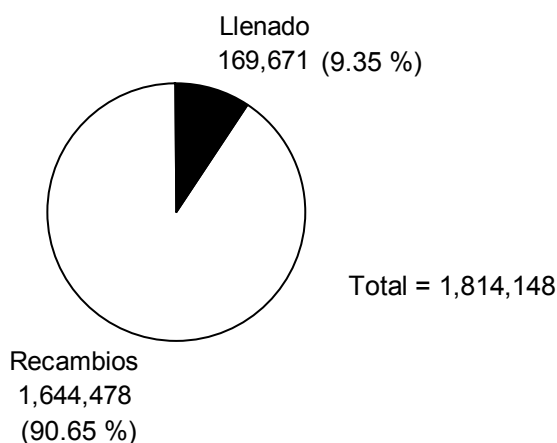


Figura 26. Estimación de larvas de peces de importancia comercial presumiblemente succionadas durante el ciclo verano-otoño.

Al sumar los resultados de las estimaciones hechas para ambos ciclos, se tiene un total de 6'225,243 larvas de peces presumiblemente succionadas por las unidades de bombeo a lo largo de todo el año en las granjas de la parte sur de este sistema lagunar. De este total, el 70.9 % (4'411,095 larvas) se estima para el ciclo primavera-verano y el 29.1 % (1'814,148 larvas) corresponde al ciclo verano-otoño (Fig. 27).

En el caso de este grupo de organismos y de acuerdo a las estimaciones hechas, también es durante el mes de septiembre cuando se succionan las mayores cantidades, esto es, el 61.9 % (1'124,710) del total de larvas de peces presumiblemente succionadas en todo el año.

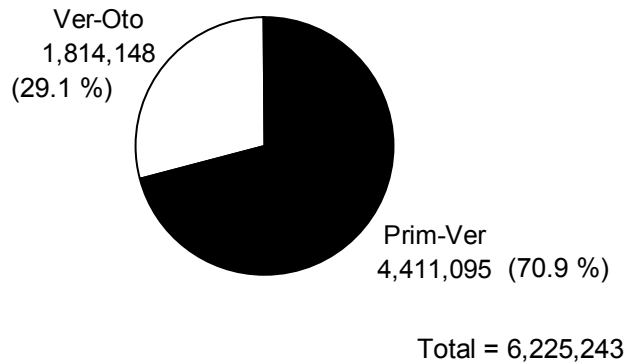


Figura 27. Total de larvas de peces de importancia comercial presumiblemente succionadas en ambos ciclos de cultivo.

7.3.3.1. Larvas de portúnidos succionadas durante el ciclo primavera-verano

Al igual que las larvas de peces, también hubo portúnidos presentes en las muestras del mes de marzo. Se encontró un promedio de 0.94 portúnidos/1000 m³ (Tabla 11). Al hacer la extrapolación de esta cantidad de organismos a la superficie total de estanquería de la zona sur de la laguna Santa María (38'620,000 m³ de agua), se tiene un total de 36,450 portúnidos presumiblemente succionados.

Tabla 11. Promedios de portúnidos encontrados en las 9 localidades durante los meses del ciclo primavera-verano.

Mes	Portúnidos/1000 m ³	Promedio
Marzo	8.49	0.94
Abril	0	0
Mayo	0	0
Junio	11.44	1.27

Durante los recambios de agua del 3 %, realizados en los meses de abril y mayo no se capturaron portúnidos, ya que no se encontró ninguno de estos organismos en los muestreos de estos dos meses. Sin embargo, se estima que en los primeros diez días del mes de junio, 14,735 portúnidos fueron presumiblemente succionados, aún con recambios del 3 %. En los días restantes del mes de junio, cuando las tasas de recambio aumentan al 15 %, se estimaron 147,352 portúnidos succionados (Tabla 12).

Tabla 12. Portúnidos presumiblemente succionados durante el ciclo primavera-verano.

Mes	Recambio	Portúnidos por día	Días transcurridos	Total de portúnidos
Marzo	Llenado			36,450
Abril	R 3%	0	30	0
Mayo	R 3 %	0	31	0
Junio	R 3 %	1,474	10	14,735
	R 15 %	7,368	20	147,351.53

Se estima que por llenado de los estanques son potencialmente succionados 36,450 portúnidos, lo que corresponde al 18.35 % de este primer ciclo. Al sumar los portúnidos succionados durante ambos tipos de recambio, se tienen 162,087, que corresponden al 81.64 % del ciclo. Al sumar las cantidades de portúnidos presumiblemente succionados por el primer ciclo completo de cultivo (llenado de estanques más los recambios) se tiene una estimación total de 198,537 portúnidos succionados durante este primer ciclo de cultivo (Figura 28).

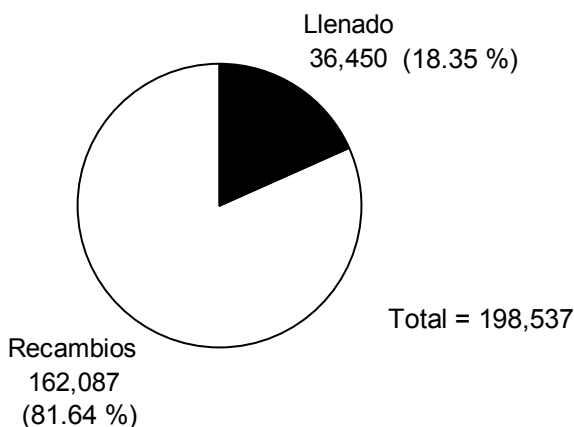


Figura 28. Estimación de portúnidos presumiblemente succionados durante el ciclo primavera-verano.

7.3.2.2. Larvas de portúnidos succionadas durante el ciclo verano-otoño

Durante el muestreo del mes de julio, que es cuando se realiza el llenado inicial de los estanques, se encontró un promedio de 10.60 portúnidos/1000 m³ de agua en las 9 localidades (Tabla 13). De nueva cuenta se hizo la extrapolación para el total de la superficie de estanquería de la zona sur de la laguna de Santa María, es decir,

38'620,000 m³ de agua. Así, se estimaron 409,328 portúnidos succionados durante el llenado de los estanques en este segundo ciclo de cultivo.

Tabla 13. Promedios de portúnidos encontrados en las 9 localidades durante los meses del ciclo verano-otoño.

Mes	Portúnidos/1000 m ³	Promedio
Julio	95.38	10.60
Agosto (muestra 1)	6.40	0.71
Agosto (muestra 2)	0	0
Septiembre (muestra 1)	0	0
Septiembre (muestra 2)	17.02	1.89
Octubre	0	0

Durante los recambios de agua del 3 %, realizados en los meses de julio, agosto y septiembre, se encontró un total de 393,449 portúnidos succionados. Sin embargo, en la segunda quincena del mes de septiembre, cuando los recambios aumentan al 15 %, se estimaron 142,426 portúnidos succionados (Tabla 14). En el mes de octubre, cuando los recambios también fueron del 15 %, no se encontró ninguno de estos organismos durante los muestreos.

Tabla 14. Portúnidos presumiblemente succionados durante el ciclo verano-otoño.

Mes	Recambio	Portúnidos por día	Días transcurridos	Total de portúnidos
Julio	Llenado			409,327.02
	R 3 %	12,279.81	31	380,674.13
Agosto	R 3 % (m 1)	824.20	15.5	12,775.06
	R 3 % (m 2)	0	15.5	0
Septiembre	R 3 %	0	17	0
	R 15 %	10,955.08	13	142,426.09
Octubre	R 15 %	0	10	0

Se estima que por llenado de los estanques son succionados 409,327 portúnidos, lo que corresponde al 43.30 % de este segundo ciclo. Al sumar los portúnidos succionados durante ambos tipos de recambio, se tienen 535,865 organismos, correspondientes al 56.69 % del ciclo. Al sumar las cantidades de portúnidos succionados por el segundo ciclo de cultivo (llenado de estanques más los

recambios) se tiene un total de 945,192 portúnidos presumiblemente succionados durante este segundo ciclo de cultivo (Figura 29).

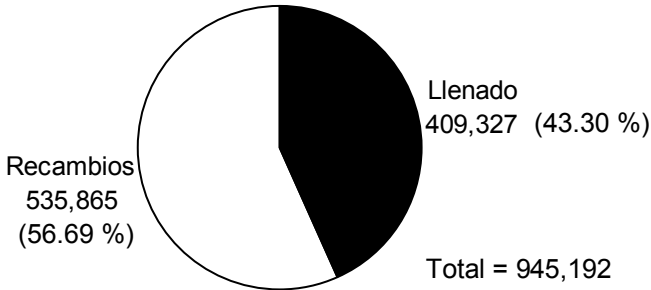


Figura 29. Estimación de portúnidos presumiblemente succionados durante el ciclo verano-otoño.

Al igual que con los grupos anteriores, al sumar los resultados de las estimaciones hechas para ambos ciclos, se tiene un total de 1'143,728 portúnidos presumiblemente succionados por las unidades de bombeo a lo largo todo el año en las granjas de la parte sur de este sistema lagunar. De este total, el 17.35 % (198,537 portúnidos) se estima para el ciclo primavera-verano y el 82.64 % (945,192 portúnidos) corresponde al ciclo verano-otoño (Fig. 30).

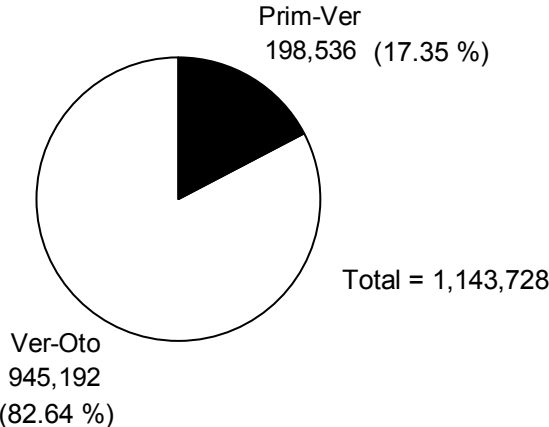


Figura 30. Total de portúnidos presumiblemente succionados en ambos ciclos de cultivo.

7.4 Escenario 2: Ajuste de la estimación de los organismos capturados, de acuerdo al muestreo nictimeral y las horas de bombeo

Los resultados anteriores, como se mencionó, se obtuvieron a partir de los cálculos realizados con los datos de los muestreos puntuales que se colectaron mensualmente. Sin embargo, a partir del muestreo nictimeral, realizado en septiembre de 2005, se hizo un ajuste de tales datos. Esto es, se obtuvieron gráficas para relacionar el número de organismos capturados en el canal de llamada contra aquellos que se capturaron en el agua de bombeo, dependiendo de la hora en la que se hicieron los muestreos y los bombeos. Además, se obtuvo una proporción del número de organismos de cada grupo que se encontraron en el agua de bombeo, con respecto a los que se encontraron en el canal de llamada.

Para las postlarvas de camarón se obtuvo la ecuación $y = -0.0002x^2 + 0.8431x - 40.277$, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9004$ (Fig. 31).

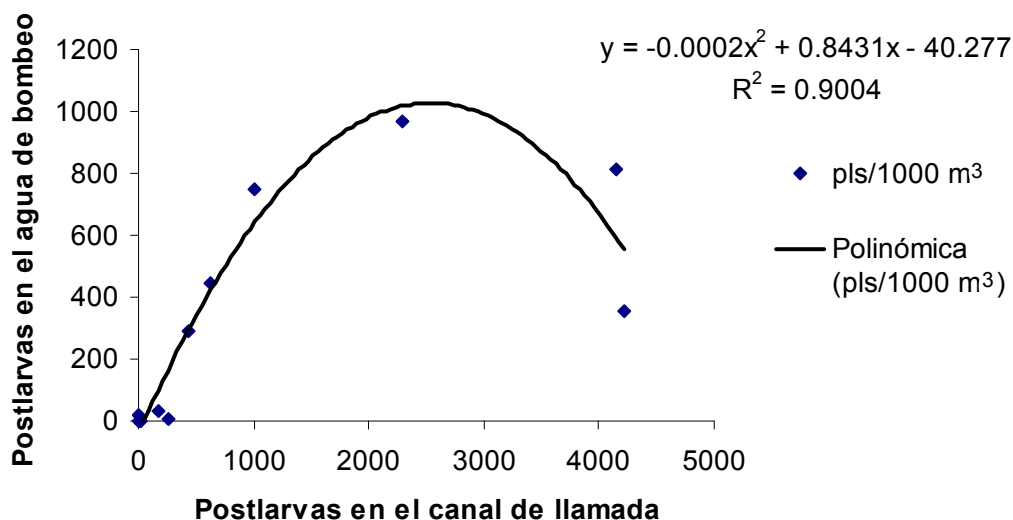


Figura 31. Postlarvas de camarones peneidos encontradas en el muestreo simultaneo en el agua de bombeo en relación con aquellas encontradas en el canal de llamada durante las horas de bombeo.

En el caso de este grupo de organismos, se obtuvo también la proporción de la cantidad de postlarvas encontradas en el agua de bombeo con respecto a las

encontradas en el canal de llamada. La suma de los porcentajes indica que, aproximadamente el 32% de las postlarvas de camarones peneidos que se encuentran en el canal de llamada, son succionadas por las unidades de bombeo de las granjas camaronícolas (Tabla 15).

Tabla 15. Proporción de postlarvas de camarones peneidos que se encontraron en el agua de bombeo con respecto a las que se encontraron en el canal de llamada.

Hora	Canal de llamada X	Agua de bombeo y	Proporción y/x	Porcentaje %
19	175	34	0.19	19
20	4213	355	0.08	8
21	4145	813	0.20	20
22	2292	967	0.42	42
23	628	448	0.71	71
24	442	292	0.66	66
1	1006	746	0.74	74
2		No hubo bombeo	-	-
9	268	4	0.01	1
10	17	2	0.12	12
11	0	18	-	-
12	0	1	-	-
13	23	1	0.06	6
		Promedios:	0.32	32

En cuanto a las larvas de peces de importancia comercial, se obtuvo la ecuación: $y = 0.19x$ con un coeficiente de correlación de $R^2=0.80$. Esto es, en promedio el 19 % de las densidades de larvas de peces que se encuentran en el canal de llamada son succionadas por las unidades de bombeo (Fig. 32).

Finalmente, en lo que se refiere a los portúnidos, la ecuación $y = 0.26x$ (coeficiente de correlación $R^2=0.91$) explica que, del total de estos organismos que se encuentran en el canal de llamada, aproximadamente un 26 % son capturados por las unidades de bombeo. Como se recordará, en las muestras estuvieron muy poco representados estos organismos, por lo que se obtuvo la ecuación con los datos disponibles (Fig. 33).

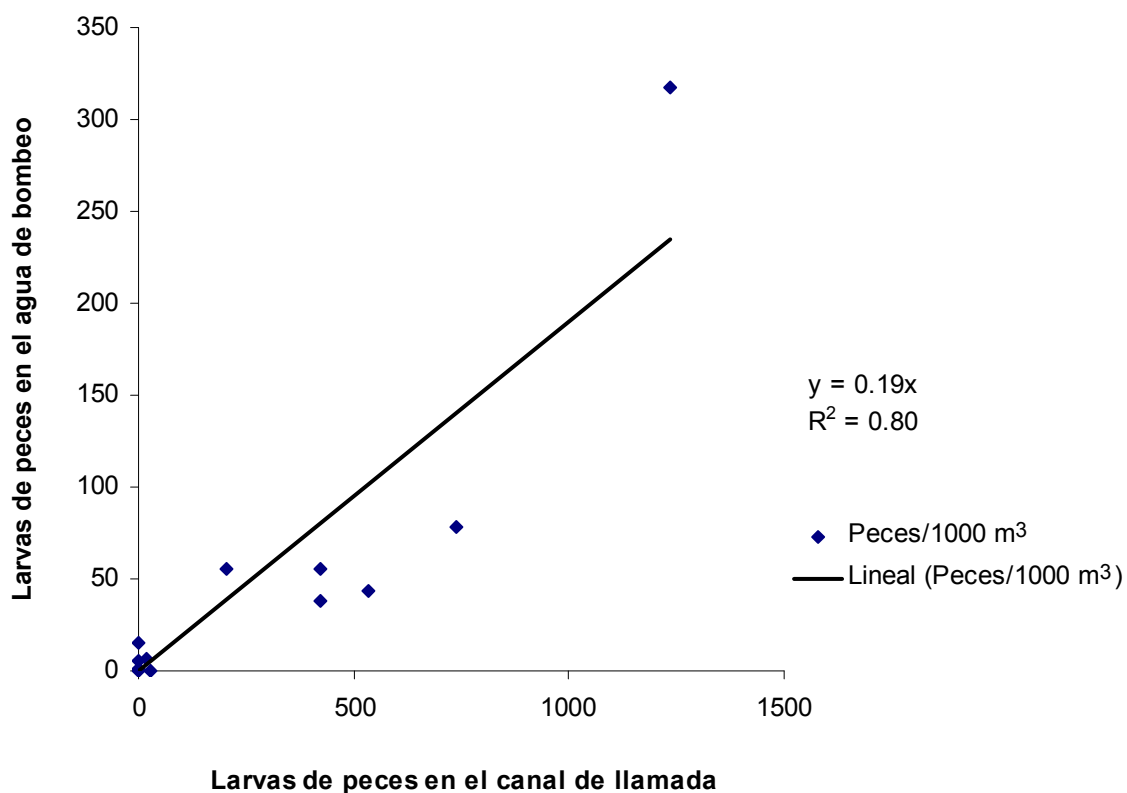


Figura 32. Larvas de peces de importancia comercial encontradas en el muestreo simultaneo en el agua de bombeo en relación con aquellas encontradas en el canal de llamada durante las horas de bombeo.

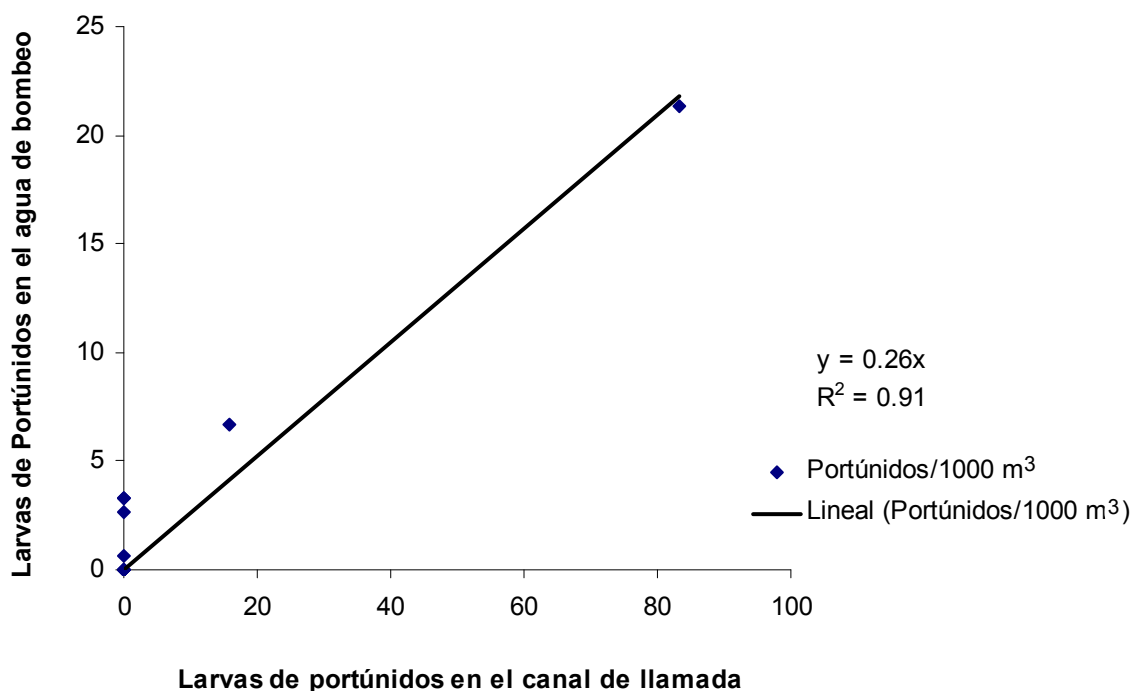


Figura 33. Larvas de portúnidos encontradas en los muestreos simultáneos en el agua de bombeo en relación con aquellas encontradas en el canal de llamada durante las horas del bombeo.

A partir de las ecuaciones antes mencionadas y de la obtención de las proporciones, en el caso de los peneidos, se hicieron los ajustes a las estimaciones de organismos succionados por las unidades de bombeo, según los datos obtenidos durante los muestreos mensuales. En promedio, los organismos de importancia comercial que son succionados por las granjas camaronícolas corresponden al 24.33 % del total que llega hasta los canales de llamada en la zona estudiada (Tablas 16, 17 y 18).

Tabla 16. Número de postlarvas de camarón cuantificadas en el canal de llamada y las succionadas en cada fase del ciclo de cultivo.

Ciclo de cultivo	Fase de bombeo	Postlarvas en el c. de llamada (org/1000 m ³)	Postlarvas succionadas (org/1000 m ³)
prim-ver	Llenado	126,159	35,287
	Recambios	198,507	55,522
	Total	324,665	90,809
oto-inv	Llenado	234,724	65,652
	Recambios	15'991,583	4'472,846
	Total	16'226,307	4'538,498
Ambos	Total	16'550,972	4'629,307

Tabla 17. Número de larvas de peces de importancia comercial cuantificadas en el canal de llamada y las succionadas en cada fase del ciclo de cultivo

Ciclo de cultivo	Fase de bombeo	Larvas de peces en el c. de llamada (org/1000 m ³)	Larvas de peces succionadas (org/1000 m ³)
Prim-Ver	Llenado	2'183,532	415,744
	Recambios	2'227,563	424,128
	Total	4'411,095	839,872
Oto-Inv	Llenado	169,671	32,305
	Recambios	1'644,478	313,109
	Total	1'814,148	345,414
Ambos	Total	6'225,243	1'185,286

Tabla 18. Número de larvas de portúnidos cuantificadas en el canal de llamada y las succionadas en cada fase del ciclo de cultivo.

Ciclo de cultivo	Fase de bombeo	Larvas de portúnidos en c. de llamada (org/1000 m ³)	Larvas de portúnidos succionadas (org/1000 m ³)
Prim-Ver	Llenado	36,450	9,553
	Recambios	162,087	42,483
	Total	198,536	52,036
Oto-Inv	Llenado	409,327	107,285
	Recambios	535,865	140,450
	Total	945,192	247,735
Ambos	Total	1'143,729	299,771

7.5. Estimación de las pérdidas anuales en la pesquería de camarón: aplicación del modelo de Thompson y Bell (FAO, 1997)

Este modelo se alimentó con los datos de entrada correspondientes a las postlarvas y juveniles que, según los cálculos, son capturados de manera incidental por las granjas de la parte sur del sistema lagunar Santa María, Sinaloa, lo que equivale en este caso, al llamado esfuerzo de pesca. Sin embargo, en las entradas de peso medio, mortalidad por pesca (F) y mortalidad total (Z) se utilizaron datos correspondientes a camarones peneidos de la especie *L. setiferus*, ya que estas variables para *L. vannamei* no fueron encontradas en la literatura.

Como anteriormente se mencionó, se proyectaron dos escenarios. En el escenario 1 el dato de la población corresponde a la cantidad de postlarvas succionadas que se calcularon con base a los datos obtenidos en los muestreos mensuales en los canales de llamada de las granjas, es decir, 16'500,000 postlarvas.

En este caso, se obtuvo un rendimiento total de 29'737,194 g, que al ser transformado a toneladas da un total de 30 ton/año de camarón que los pescadores hipotéticamente dejaron de capturar debido a la succión de las bombas en las granjas de la parte sur del sistema Santa María (Tabla 19).

Tabla 19. Datos utilizados en el modelo de Thompson y Bell basado en la edad cuyos datos de entrada corresponde a los peneidos capturados por la succión de las bombas en la parte sur del sistema lagunar Santa María considerando el escenario 1 (combinando muestreos puntuales y densidades de canales de llamada).

ENTRADA				SALIDA				
edad	peso medio	mort pesca	mort total	población	muerte	captura	rendimiento	biomasa media
t	w(t)	F(t) por año	Z(t) por año	N(t)	N(t)- N(t+Δt)	C(t)	Y(t)	B(t)
meses	g			número	número	número	g	g
1	0.107	0	0.8	16,500,000	7,444,608	0	0	-
2	1.44	0	0.6	9,055,392	4,647,660	0	0	-
3	4.86	0.12	0.72	4,407,732	1,015,934	169,322	822,906	6,857,553
4	10.18	0.063	0.262	3,391,799	911,546	41,750	425,017	35,418,093
5	16.79	0.063	0.313	2,480,253	714,882	143,890	2,415,914	38,347,844
6	23.96	0.09	0.34	1,765,370	614,682	162,710	3,898,528	43,316,983
7	31.18	0.178	0.428	1,150,688	449,262	186,843	5,825,756	32,728,964
8	38.05	0.245	0.495	701,426	367,435	181,862	6,919,833	28,244,218
9	44.33	0.492	0.742	333,992	151,607	100,527	4,456,347	9,057,617
10	49.92	0.355	0.605	182,384	88,024	51,651	2,578,402	7,263,103
11	54.8	0.409	0.659	94,360	45,687	28,355	1,553,867	3,799,185
12	58.97	0.412	0.662	48,673	22,905	14,255	840,623	2,040,347
13	62.52	0.386	0.636	25,768	13,023	7,904	494,146	1,280,170
14	65.5	0.454	0.704	12,745	5,848	3,771	246,999	544,050
15	67.97	0.364	0.614	6,897	3,035	1,800	122,314	336,027
16	70.02	0.33	0.58	3,862	3,862	2,197	153,847	466,204
Total:							29,737,194	

En el escenario 2 el dato de la población corresponde a la cantidad de postlarvas succionadas que se calcularon con los datos obtenidos en los muestreos mensuales y de acuerdo al ajuste realizado mediante el muestreo nictimeral, es decir, 4'600,000 postlarvas.

En este segundo escenario, se obtuvo una biomasa total de 8'290,369 g, que al ser transformada a toneladas, nos da un total de 8.3 ton/año de camarón que los pescadores dejan de capturar debido a la succión de las bombas en las granjas de la parte sur del sistema Santa María (Tabla 20).

Tabla 20. Datos utilizados para el modelo de Thompson y Bell basado en la edad cuyos datos de entrada corresponde a los peneidos capturados por la succión de las bombas en la parte sur del sistema lagunar Santa María considerando el escenario 2 (combinando muestreos puntuales, densidades de los canales de llamada y el muestreo nictimeral en las horas de bombeo).

ENTRADA				SALIDA				
edad	peso medio	mort pesca	mort total	población	muerte	captura	rendimiento	biomasa media
t	w(t)	F(t) por año	Z(t) por año	N(t)	N(t)- N(t+Δt)	C(t)	Y(t)	B(t)
meses	g			número	número	número	g	g
1	0.107	0	0.8	4,600,000	2,075,466	0	0	-
2	1.44	0	0.6	2,524,534	1,295,711	0	0	-
3	4.86	0.12	0.72	1,228,822	283,230	47,205	229,416	1,911,803
4	10.18	0.012	0.262	945,592	254,128	11,639	118,490	9,874,135
5	16.79	0.063	0.313	691,464	199,301	40,115	673,528	10,690,914
6	23.96	0.09	0.34	492,164	171,366	45,362	1,086,862	12,076,250
7	31.18	0.178	0.428	320,798	125,249	52,089	1,624,150	9,124,438
8	38.05	0.245	0.495	195,549	102,436	50,701	1,929,166	7,874,146
8	44.33	0.492	0.742	93,113	42,266	28,026	1,242,376	2,525,154
10	49.92	0.355	0.605	50,847	24,540	14,400	718,827	2,024,865
11	54.8	0.409	0.659	26,306	12,737	7,905	433,199	1,059,167
12	58.97	0.412	0.662	13,569	6,386	3,974	234,355	568,824
13	62.52	0.386	0.636	7,184	3,631	2,203	137,762	356,896
14	65.5	0.454	0.704	3,553	1,630	1,051	68,860	151,675
15	67.97	0.364	0.614	1,923	846	502	34,100	93,680
16	70.02	0.33	0.58	1,077	1,077	613	42,891	129,972
				Total: 8,290,369				

En cuanto a las larvas de peces de importancia comercial, este mismo modelo se aplicó a los datos correspondientes a la familia Gerreidae, por ser la más representativa a lo largo del año, tanto para los datos del escenario 1 (Tablas 21) como para los del escenario 2, que incluyen la corrección del muestreo nictimeral durante las horas de bombeo (Tabla 22). Específicamente se trabajó con datos de la especie *Eucinostomus entomelas*, que es una de las mojarra que habita en la zona de estudio (Soto-Ávila, 2006).

Tabla 21. Datos utilizados para el modelo de Thompson y Bell basado en la edad cuyos datos de entrada corresponde a larvas de peces de la familia *Gerreidae* capturados por la succión de las bombas en la parte sur del sistema lagunar Santa María en el escenario 1.

ENTRADA				SALIDA				
Edad	peso medio	mort pesca	mort total	población	muerte	captura	rendimiento	biomasa media
T	w(t)	F(t)	Z(t)	N(t)	N(t)- N(t+Δt)	C(t)	Y(t)	B(t)
Meses	g	por año	por año	número	número	número	g	g
1	19.99	0.51	0.85	3,200,000	218,220	130,685	2,612,836	61,771,654
2	60.64	0.51	0.85	2,981,780	203,339	121,773	7,384,187	174,574,057
3	104.95	0.51	0.85	2,778,440	189,473	113,469	11,908,029	281,524,938
4	142.57	0.51	0.85	2,588,968	176,552	105,731	15,074,053	356,374,849
5	170.88	0.51	0.85	2,412,416	164,512	98,521	16,835,127	398,009,456
6	190.82	0.51	0.85	2,247,904	153,293	91,802	17,517,652	414,145,451
7	204.34	0.51	0.85	2,094,611	142,840	85,542	17,479,412	413,241,406
8	213.29	0.51	0.85	1,951,771	133,099	79,709	17,001,235	401,936,524
8	219.14	0.51	0.85	1,818,672	124,022	74,273	16,276,280	384,797,435
10	222.93	0.51	0.85	1,694,650	1,694,650	1,014,871	226,243,210	5,348,753,192
11	225.37	0.51	0.85	1,579,085	1,579,085	945,663	213,120,170	5,038,503,422
12	226.93	0.51	0.85	1,471,401	1,471,401	881,174	199,964,811	4,727,489,592
13	227.93	0.51	0.85	1,371,061	1,371,061	821,084	187,150,442	4,424,537,308
14	228.57	0.51	0.85	1,277,563	1,277,563	765,091	174,877,532	4,134,385,995
15	228.98	0.51	0.85	1,190,441	1,190,441	712,916	163,243,312	3,859,334,320
16	229.24	0.51	0.85	1,109,260	1,109,260	664,300	152,284,400	3,600,248,030
						Totales:	1,438,972,688	34,019,627,631

Como puede observarse, en ambos escenarios se consideraron las mortalidades por pesca (F) y total (Z) constantes (Soto-Ávila, 2006). Esto fue debido a que no se contó con los datos correspondientes a la variación de las mortalidades de estos organismos. De acuerdo al modelo, en cuanto a las mojarra se observan altas

cantidades de organismos succionados en ambos escenarios, esto es, desde 1,439 ton/año en el escenario 1 pero desciende la captura, según el escenario 2 a 270 ton/año. Sin embargo debe recordarse que comparativamente, la succión por el efecto de las bombas es menor en el grupo de peces que en los camarones. Esto se debe quizá a su abundancia y/o a la movilidad que presentan los peces y que los hace menos susceptibles a la acción de las bombas.

Otra dificultad que hubo al aplicar el modelo a estos organismos, es la falta de información de parámetros poblacionales, lo que no permite una estimación sólida del impacto en los peces de importancia comercial, aunque se observa, obviamente, que sí hay un efecto en el número de organismos; y, de igual forma, se hace la consideración para el grupo de los portúnidos.

Tabla 22. Datos utilizados para el modelo de Thompson y Bell basado en la edad cuyos datos de entrada corresponde a larvas de peces de la familia *Gerreidae* capturadas por la succión de las bombas en la parte sur del sistema lagunar Santa María en el escenario 2.

ENTRADA				SALIDA				
edad	peso medio	mort pesca	mort total	población	muerte	captura	rendimiento	biomasa media
t	w(t)	F(t)	Z(t)	N(t)	N(t)- N(t+Δt)	C(t)	Y(t)	B(t)
meses	g	por año	por año	número	número	número	g	g
1	19.99	0.51	0.85	600,000	40,916	24,503	489,907	11,582,185
2	60.64	0.51	0.85	559,084	38,126	22,832	1,384,535	32,732,636
3	104.95	0.51	0.85	520,958	35,526	21,275	2,232,755	52,785,926
4	142.57	0.51	0.85	485,431	33,103	19,825	2,826,385	66,820,284
5	170.88	0.51	0.85	452,328	30,846	18,473	3,156,586	74,626,773
6	190.82	0.51	0.85	421,482	28,742	17,213	3,284,560	77,652,272
7	204.34	0.51	0.85	392,740	26,782	16,039	3,277,390	77,482,764
8	213.29	0.51	0.85	365,957	24,956	14,945	3,187,732	75,363,098
8	219.14	0.51	0.85	341,001	23,254	13,926	3,051,803	72,149,519
10	222.93	0.51	0.85	317,747	317,747	190,288	42,420,602	1,002,891,224
11	225.37	0.51	0.85	296,078	296,078	177,312	39,960,032	944,719,392
12	226.93	0.51	0.85	275,888	275,888	165,220	37,493,402	886,404,299
13	227.93	0.51	0.85	257,074	257,074	153,953	35,090,708	829,600,745
14	228.57	0.51	0.85	239,543	239,543	143,455	32,789,537	775,197,374
15	228.98	0.51	0.85	223,208	223,208	133,672	30,608,121	723,625,185
16	229.24	0.51	0.85	207,986	207,986	124,556	28,553,325	675,046,506
						Totales:	269,807,379	6,378,680,181

8. DISCUSION

Existen muchos trabajos realizados tanto en las áreas acuícola como pesquera acerca de diferentes aspectos relacionados con los organismos de importancia comercial de los que se habló en el presente trabajo. Sin embargo, y a pesar de la importancia que, como se ha observado, conlleva estudiar la relación entre la industria pesquera y la acuícola, son pocos los trabajos con los que se cuenta que aborden la problemática existente en el desarrollo de ambas actividades y su interrelación al competir por los mismos recursos. Si bien existen algunos estudios en los que se hace mención de un impacto causado por las capturas de postlarvas en las unidades de bombeo de las granjas, dicho impacto no es examinado cuantitativamente, esto es, se dice que se afecta a la pesquería del camarón, pero no se dice a cuánto asciende dicho impacto.

En el presente trabajo se obtuvieron resultados referentes al impacto similares a los antes mencionados. Pero además, se estimó cuantitativamente ese impacto, es decir, ¿qué cantidad de camarones se dejan de pescar a causa de las capturas incidentales de las granjas?

Respecto a las postlarvas de camarón, Aragón-Noriega y García-Juárez (2002), obtienen un resultado mínimo de 100 pls/1000 m³ y un máximo de 5,200 pls/1000 m³ en su estudio realizado en la laguna Las Guásimas, Sonora. No especifican las cantidades encontradas en la boca de la laguna ni en el canal de llamada. Sin embargo, hacen la aclaración de que las diferencias entre ambos puntos de muestreo no fueron significativas. Además comentan la ausencia de un patrón definido de arribazón de postlarvas en las estaciones de muestreo y que, en cuanto al flujo y reflujos de la marea, no hubo diferencias en las cantidades de postlarvas que entran y/o salen del sistema lagunar. Por todo lo anterior, los autores sostienen que su trabajo es la primera contribución que contradice la hipótesis de que las granjas acuícolas de camarón absorben postlarvas de camarón en cantidades lo suficientemente importantes como para afectar la pesca de las áreas adyacentes (Aragón-Noriega y García-Juárez, 2002). Pero, por otra parte, aclaran que sus datos son válidos sólo para la laguna donde trabajaron, es decir, en Las Guásimas,

Sonora. Aún más específicamente sólo para el área de la laguna cercana a la granja donde se realizó el estudio. Pero que, para probar la hipótesis del posible impacto de las granjas sobre la población natural de camarón, se debe incluir un número mayor de granjas distribuidas en los diferentes sistemas lagunares y regiones.

A diferencia del presente trabajo, Aragón-Noriega y García-Juárez (2002) sólo se dedicaron a estudiar las postlarvas de camarón, sin tomar en cuenta la presencia de larvas de peces de importancia comercial y/o de portúnidos, organismos que también tienen relevancia para las pesquerías. Pero lo más crítico, es que realmente no calcularon la succión de organismos por el bombeo.

Por su parte, Valenzuela-Quiñones et al. (2004) obtuvieron diferentes resultados en su trabajo realizado en la Bahía de Navachiste. Ellos encontraron que la densidad de postlarvas de camarón era muy superior y que llegaba hasta 20,000 pls/1000 m³. Pero lo manejan como resultado general, sin especificar si esa era la densidad en los canales de llamada, en los reservorios o en la boca de la laguna (frente de playa), que fueron los puntos donde muestrearon. Finalmente, explican que la cantidad de organismos zooplanctónicos succionados por las bombas de las zonas norte y sur está directamente relacionada con la densidad en las zonas adyacentes, lo que hace suponer el efecto aditivo de la captura y muerte de postlarvas en el bombeo de las granjas de camarón. Con todo ello, los autores sostienen que sí hay un alto impacto negativo de las granjas de camarón, al menos en el sistema donde realizaron su estudio.

A diferencia de Aragón-Noriega y García-Juárez (2002), Valenzuela-Quiñones et al. (2004) sí hicieron un estudio referente a las larvas de peces presentes en su área de estudio y encontraron densidades de entre 8,000 y 12,000 org/1000 m³. Sin embargo, ellos tomaron en cuenta larvas de peces en general, sin hacer la diferenciación entre aquellos que presentan importancia comercial y los que no, aspecto en el que, a su vez, se diferencia del presente trabajo en el cual se tomaron en cuenta sólo las larvas de peces de importancia comercial, de las cuales se encontraron densidades de 2097 org/1000 m³ durante los muestreos mensuales y en

el muestreo nictimeral las densidades fueron de 616 org/1000 m³ y 3922 org/1000 m³ en el agua de bombeo y en el canal de llamada, respectivamente.

Sin embargo, en cuanto al grupo de los portúnidos cabe aclarar que en ninguno de los estudios antes mencionados se presentaron resultados (Tabla 23).

Tabla 23. Comparación de la succión de postlarvas de camarones peneidos, larvas de peces y portúnidos por las granjas entre el estudio presente y trabajos similares realizados en la región (* = Muestreo nictimeral, CL = Canal de llamada, AB = Agua de bombeo, BL = Boca de la laguna, R = Reservorio).

	Aragón-Noriega (2002)	Valenzuela- Quiñones (2004)	Este estudio
periodo de muestreo	catorcenal	mensual	quincenal, mensual nictimeral
fecha del estudio	abril/2000 noviembre/2000	enero/2001 enero/2002	junio/2003 julio/2004
sistema lagunar	Las Guásimas, Sonora	Navachiste, Sinaloa	Santa María, Sinaloa
ubicación de muestreos	CL, BL	CL, R, BL	CL, esteros y AB*
postlarvas de camarón (org/1000 m ³)	100 - 5,200	20,000	4,509 *14,606 CL *3,680 AB
larvas de peces (org/1000m ³)	No se estudió	8,000-12,000	2,097 *3,922 CL *616 AB
conclusión	Las granjas acuícolas no absorben postlarvas en cantidades importantes para afectar la pesca en áreas adyacentes.	La cantidad de organismos succionados está en relación directa con la densidad en los canales de llamada.	Los pescadores dejan de capturar entre 8 y 30 ton/año de camarón a causa de las capturas incidentales por las granjas en la parte sur del sistema lagunar Santa María.

En el ámbito internacional, DeWalt *et al.* (1996) señalan en Honduras a la industria acuícola como responsable de la declinación en las pesquerías del golfo de Fonseca

a causa de la recolección de postlarvas de camarón. Ellos estimaron que aproximadamente 3.3 billones de postlarvas son utilizadas anualmente para el cultivo, pero en el proceso de su recolección, los juveniles de muchos peces son también capturados. Aunque no hay estudios documentados disponibles, mencionan una proporción estimada de 1 postlarva por cada 5 larvas de peces y de otros organismos. Entonces, de acuerdo a sus datos, quizás haya de 15 a 20 billones de juveniles de otras especies capturadas y, generalmente, desaprovechadas.

En el presente trabajo se encontraron en promedio 4,509 pls/1000 m³ en los muestreos puntuales/mensuales de los esteros y canales de llamada. Pero también se realizó el muestreo nictimeral en septiembre en el cual se encontraron 14,606 pls/1000 m³ y 3,680 pls/1000 m³ en el estero y agua de bombeo, respectivamente. Mediante el primer resultado (escenario 1), se hicieron los cálculos para todo un año de operación de las granjas y, con los resultados del muestreo nictimeral se hizo un ajuste a los cálculos realizados (escenario 2). De esta manera, y mediante la aplicación del modelo de Thompson y Bell (FAO, 1997), basado en la edad se llegó a las siguientes conclusiones a través de 2 escenarios.

En el escenario 1, sin el ajuste del muestreo nictimeral, combinando solamente los muestreos puntuales efectuados a lo largo de todo un año (junio/2003 a julio/2004) en los canales de llamada, se calculó un total aproximado a 30 ton de camarón que son succionados durante sus estadios larvarios y juveniles por la acción de las bombas en las granjas camaronícolas ubicadas en la porción sur del sistema Santa María y que potencialmente el sector pesquero deja de capturar.

En el escenario 2, con el ajuste del muestreo nictimeral, combinando los muestreos puntuales y el muestreo nictimeral (que permite evaluar justo cuantas postlarvas son succionadas durante las horas de bombeo) se calculó un total aproximado de 8 ton de camarón que el sector pesquero deja de capturar.

De esta manera, conociendo las toneladas totales de camarón que anualmente produce la industria pesquera, se pueden estimar cuantitativamente las pérdidas que puedan ser causadas por la industria acuícola.

No obstante que resulta algo especulativo, estimar el impacto total de todas las granjas instaladas en Sinaloa a partir de la presente información permite por primera vez tener una idea de la magnitud que tiene tal impacto en la pesquería del camarón. Para ello se debe tener claro las siguientes dos suposiciones: (a) que las granjas de todo el estado operan de igual manera que las del sur de Santa María (tasas de recambio, periodos de bombeo, etc.) y (b) que las arribazones y densidades de postlarvas presentan el mismo patrón de abundancia estacional y nictimeral. En toda la franja costera donde se encuentran operando las granjas, se tiene que en las aproximadamente 40,698 ha (CESASIN, 2005) se succionaría una cantidad total de camarón equivalente a 316 ton/año, de acuerdo al escenario 1, y de 84 ton/año, de acuerdo al escenario 2.

Cuando estos números se extrapolan para toda la región del Golfo de California, donde se hayan instaladas aproximadamente 51,059 ha (SAGARPA/CONAPESCA, 2002), se tiene que las bombas succionan una cantidad de camarón equivalente a 397 ton/año, según el escenario 1 y de 106 ton/año según el escenario 2 (Tabla 24). Como se mencionó anteriormente, podemos afirmar que los resultados obtenidos en el llamado escenario 2 reflejan de una mejor forma lo que sucede en la realidad, ya que tienen la corrección de lo que realmente se succiona y la variación en el transcurso del día. Por el contrario, en el escenario 1 se asumen capturas de organismos en número constante durante todo el día, que es como se ha evaluado en trabajos anteriores pero que no necesariamente se apega a la realidad.

Tabla 24. Comparación de las capturas incidentales para ambos escenarios, extrapolando los resultados de este trabajo realizado en la porción sur del sistema lagunar Santa María (a) a todo el sistema (b), al estado de Sinaloa (c) y a toda la región del Golfo de California (d).

Región	Area (ha)	Escenario 1 (ton/año)	Escenario 2 (ton/año)
(a) Porción Sur de Santa María	3,862.00	30	8
(b) Sistema Santa María	7,724.00	60	16
(c) Estado de Sinaloa	40,698.00	316	84
(d) Reg. del Golfo de California	51,059.00	397	106

Si comparamos estos órdenes de magnitud con las capturas históricas de la pesquería tradicional que, por ejemplo, para la década de 1990 la captura media fue de 17,587 ton/año y 11,012 ton/año para Sinaloa y Sonora, respectivamente; entonces se tiene que las granjas pudieran estar succionando una cantidad de postlarvas de peneidos equivalente al 0.96 % y 2.26 %, de acuerdo a los escenarios 2 y 1, respectivamente.

Finalmente se concluye que los resultados obtenidos son válidos para las localidades donde fueron realizados debido a las características y condiciones específicas de cada uno de los sistemas lagunares. Este trabajo da una idea más cercana del nivel de impacto. Sin embargo, obviamente es necesario realizar más estudios para tener una mayor y mejor precisión en las estimaciones.

Por lo que se confirma que la importancia en la comparación de estos estudios radica en conocer los diferentes resultados que pueden ser obtenidos en las distintas localidades y de esta manera evitar errores de extrapolación.

También este estudio pone en evidencia la necesidad de realizar estudios similares en el resto de los sistemas lagunares, con objeto de tener un mayor conocimiento y bases sólidas para determinar el impacto que la industria acuícola pueda estar ejerciendo o no hacia las poblaciones naturales de camarón y, en consecuencia, hacia las pesquerías. Como se recordará, si bien las bombas capturan de manera incidental algunos de estos organismos, no succionan al total de ellos, ya que, según los datos obtenidos, sólo logran capturar una pequeña porción dado su rango de acción y que estos organismos tienen un comportamiento que no los hace susceptibles a ser capturados en un 100 %.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aldeco, J., D. A. Salas de León. 1994. Lagunas costeras y el litoral mexicano: física. 75-126. En: De la Lanza E. G. y C. Cáceres Martínez. 1994. Lagunas costeras y el litoral mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 525 pp.
- Aragón-Noriega, E. A., A. R. García-Juárez. 2002. Incidencia de postlarvas de camarón (Crustacea: Penaeidae) en el canal de llamada de una granja camaronera del estado de Sonora. En: M. E. Hendrickx (Ed.) Contribuciones al estudio de los Crustáceos del Pacífico Este 1: 145-154.
- Armenta-Bojórquez, E., E. Armenta Rivera. 1991. Distribución y abundancia de ictioplancton en el Golfo de California durante el periodo del primero al trece de septiembre de 1987. Tesis profesional, Facultad de Ciencias del Mar, U.A.S. Mazatlán, Sinaloa, México, 74 pp.
- Cabrera-Jiménez, J. A. 1983. Character of taxonomic value of postlarvae of the shrimp *Penaeus (Farfantepenaeus) brevirostris* Kingsley (Decapoda Natantia) of the Gulf of California, México. Crustaceana 44: 292-300.
- Cáceres-Martínez, C., C. Rangel Dávalos. 1994. El desarrollo de la Acuacultura en las Lagunas Costeras. 425-444. En De la Lanza E. G. y C. Cáceres Martínez. 1994. Lagunas costeras y el litoral Mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 525 pp.
- Calderón-Pérez J. A., C. R. Poli. 1987. A physical approach to the postlarval *Penaeus* immigration mechanism in a mexican coastal lagoon (Crustacea: Decápoda: Penaeidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México 14(1):147-156.

- Calderón-Pérez, A., Macías-Regalado, E., Abreu-Grabois, A., Rendón-Rodríguez, S. 1989a. Antennular flagella: A useful character for distinguishing subgenera among postlarval shrimp of the genus *Penaeus* (Decapoda) from the Gulf of California. *Journal of Crustacean Biology* 9(3): 482-491.
- Calderón-Pérez, A., Macías-Regalado, E., Rendón-Rodríguez, S. 1989b. Clave de identificación para los estadios de postlarva y primeros juveniles de camarón del género *Penaeus* (Crustacea: Decápoda) del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas* 15(3): 57-70.
- Castro-Félix, A. 2000. Dos actividades económicas importantes y un problema ambiental y social sin resolver. *Panorama Acuícola* 5 (4): 50-52.
- CESASIN, 2005. Sistema de información geográfica (GIS) proporcionado por CESASIN.
- De la Lanza-Espino, G., C. Cáceres Martínez. 1994. *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 525 pp.
- DeWalt, B. R., P. Vergne, M. Hardin. 1996. Shrimp aquaculture development and the environment: People, mangroves and fisheries on the Gulf of Fonseca, Honduras. *World Development* 24:1193-1208.
- Food and Agriculture Organization. 1997. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales, Parte 1: Manual*. Documento técnico de pesca. Roma. 420pp.
- Gracia, A. 1989a. Relationship between environmental factors and white shrimp abundance in the southwestern Gulf of Mexico. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 16(1): 171-182.

- Gracia, A. 1989b. Mortalidad natural del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en la sonda de Campeche. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 16(2): 263-272.
- Gracia, A. 1989c. Impacto de la explotación de postlarvas sobre la pesquería del camarón blanco *Peneus setiferus* (Linnaeus, 1767). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 16(2): 255-262.
- Gracia, A. 1992. Explotación y manejo del recurso camarón. *Ciencia y Desarrollo*, Vol. XVIII, Núm. 106: 82-95.
- Gracia, A. 2001. Interacción entre la utilización de postlarvas silvestres para cultivo y las pesquerías de camarón. In: Páez-Osuna, F. 2001. *Camaronicultura y Medio Ambiente*. ICMYL, PUAL y El Colegio de Sinaloa, México, pp. 397-409.
- Hendrickx, M. E. 1992. Distribution and zoogeographic affinities of decapod Crustaceans of the Gulf of California, Mexico. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*. 20: 1-12.
- INEGI. 1995. Estudio hidrológico del estado de Sinaloa. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Gobierno del Estado de Sinaloa. México. 88 pp.
- INEGI. 2003. Anuario Estadístico Sinaloa. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Gobierno del estado de Sinaloa. México. 515 pp.
- Kujala, N. F. 1977. *Ocean plancton*. Oregon Ocean Services. Warrenton, Oregon. 2a. ed., 96 pp.

- Maestre-Ochoa, T., A. Hernández Velarde. 1987. Distribución y abundancia de zooplancton en el sistema lagunar de Agua Brava, Nayarit, y su relación con algunos parámetros fisicoquímicos. Tesis profesional, Facultad de Ciencias del Mar, U.A.S. Mazatlán, Sinaloa, México, 48 pp.
- Mair, J. M. 1979. The identification of postlarvae of four species of *Penaeus*: (Crustacea: Decapoda) from the Pacific coast of Mexico. *Journal of Zoology* 88:347-351.
- Macías-Regalado, E., Calderón Pérez, J. A. 1979. Talla de inmigración de postlarvas en el sistema lagunar de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. (Crustacea, Decápoda, *Penaeus*). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, México* 6(2): 1-184.
- Páez-Osuna, F. 2001 a. Camaronicultura y Medio Ambiente. UNAM y El Colegio de Sinaloa, 366 pp.
- Páez-Osuna, F. 2001 b. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects, and mitigating alternatives. *Environmental Management*, 28, 1, 131-140.
- Páez-Osuna, F., A. Gracia. 2003. Estudio para determinar el impacto de descargas y tomas de agua de granjas de camarón en los estados de Sonora y Sinaloa. Informe técnico académico 1. PROYECTO ISA-UNAM.
- Páez-Osuna, F., A. Gracia, F. Flores-Verdugo, L. P. Lyle-Fritch, R. Alonso-Rodríguez, A. Roque, A. C. Ruíz-Fernández. 2003. Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion. *Marine Pollution Bulletin* 46: 806-815.

- Primavera, J. H. 1998. Mangroves as nurseries: Shrimp populations in mangrove and non-mangrove habitats. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 46: 457-464.
- Rodríguez de la Cruz, M. C. 1981. Descripción de los estadios larvales de *Penaeus stylirostris* Stimpson y sus diferencias con *Penaeus californiensis* Holmes. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México* 25: 9-38.
- Rodríguez, M. F., G. J. F. Reprieto. 1984. El cultivo del camarón azul *Penaeus stylirostris* Stimpson. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. México. 126 pp.
- Romero-Beltrán, E., J. A. Bect Valdez, L. P. Lyle Fritch, S. Retamoza Leyva, H. J. Parra Osuna, J. L. Guevara Osuna, V. Moreno Medina. 2001. Aspectos de construcción y operación de granjas camaroneras en el estado de Sinaloa, México. Informe de investigación, Centro Regional de Investigación Pesquera de Mazatlán. 78 pp. (Informe con distribución restringida).
- Rosseler, M. A. and R. G. Rehrer. 1971. Relation of catches of postlarval pink shrimp in Everglades National Park, Florida, to commercial catches on the Tortugas grounds. *Bulletin of Marine Science*, 24: 791-805.
- SAGARPA / CONAPESCA. 2002. www.sagarpa.gob.mx/pesca/anuario2001
- SEPESCA.1991. Diagnóstico Integral de las Granjas Camaroneras en el Estado de Sinaloa. Proyecto PNUD/FAO FI: MEX/018. 297 pp.
- Solís-Ibarra, R., J. A. Calderón-Pérez, S. Rendón-Rodríguez. 1993. Abundancia de postlarvas del camarón blanco *Penaeus vannamei* (Decápoda: Penaeidae) en el litoral del sur de Sinaloa, México, 1984-85. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 41(3): 573-578.

Soto-Ávila, C. 2006. Dinámica poblacional de las mojarra *Diapterus peruvianus* y *Eucinostomus entomelas* (Pises: Gerreidae) en la costa de Sinaloa, México. Tesis de maestría. ICMYL-UNAM. 130 pp.

Valenzuela-Quiñones, W., J. A. López-Limón, E. A. Aragón-Noriega. 2004. Impacto del cultivo de camarón por succión de larvas de peces y camarón mediante el bombeo de granjas acuícolas en Navachiste, Sinaloa. *Hidrobiológica* 14 (2): 105-112.

Watkins, J. L. 1980. The immigration of postlarval penaeid shrimp into a lagoon system on the Pacific Coast of Mexico. Tesis Doctoral. Universidad de Liverpool, Gran Bretaña. 99 pp.

www.etecsa.com

Yoong-Basurto, F., Reinoso-Naranjo, B. 1983. "Manual práctico para la identificación de postlarvas y juveniles de cuatro especies de camarones marinos. Instituto Nacional de la Pesca, Ecuador, Boletín Científico y Técnico 6(2): 1-42.