

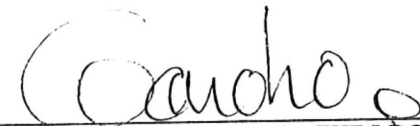
ESTUDIOS SOBRE INDUCCION A LA MADURACION DE  
Penaeus stylirostris EN INVIERNO, MEDIANTE ENUCLEACION  
DEL PEDUNCULO OCULAR DURANTE EL PERIODO POSECDISIS.

TESIS

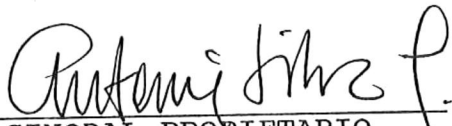
QUE PRESENTA:

SILVIA CARREÑO GONZALEZ.

APROBADA POR



PRESIDENTE DEL JURADO  
OCEAN. VICTOR GENDROP FUNES.



SINODAL PROPIETARIO  
M.C. ANTONIO SILVA LOERA.



SINODAL PROPIETARIO  
OCEAN. CARLOS GRANADOS MACHUCA.

## RESUMEN

Se efectuaron pruebas de inducción al desarrollo ovárico de camarón azul Penaeus stylirostris en el período septiembre de 1987 a enero de 1988. Se utilizó la enucleación de dos grupos de organismos dentro de su fase posecdisis.

Se obtuvo respuesta favorable a la inducción por hembras de ambos grupos; sin embargo, ninguno de los organismos del experimento fué fertilizado por los machos.

El grupo utilizado como testigo no respondió a las condiciones ambientales para producir gametos, por lo que inferimos que es indispensable realizar la enucleación para lograr la maduración de hembras adultas de Penaeus stylirostris en invierno.

Este trabajo forma parte del proyecto "Pruebas de Inducción al Desarrollo Ovárico en Penaeus stylirostris bajo condiciones experimentales de fotoperíodo"; el cual se ha realizado en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California.

## DEDICATORIA

A mis padres Teresa y Salvador; porque gracias a su esfuerzo tengo la mejor herencia que el ser humano puede recibir: Educación.

A mis hermanos:

Salvador: por tu cariño incondicional, que es recíproco.

Verónica: porque tu valor para superar los retos es un ejemplo para mí.

Iván: este trabajo es un grano de arena comparado con la inmensa montaña que tú estás derrumbando.

A mi esposo Julián: mi vida es maravillosa desde que tu llegaste a ella. Titularme es solo un ejemplo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco las atenciones y apoyo brindado por el personal del Instituto de Investigaciones Oceanológicas para la realización de esta tesis. De manera muy particular la dirección y consejos del Ocean. Victor Gendrop Funes.

A los profesores que con sus observaciones hicieron posible la correcta edición de este escrito: M.C. Antonio Silva Loera y Ocean. Carlos Granados Machuca.

Especialmente agradezco la ayuda del M.C. Eduardo Santamaria del Angel por sus consejos y apoyo para la conformación de esta tesis.

A los integrantes de GEOMAR S.C. por su apoyo.

## INDICE

Nº de pag.

1.- Introducción.....	01
2.- Objetivo.....	16
3.- Materiales y Métodos.....	17
3.1.- Metodología de campo.....	17
3.2.- Instalaciones de Laboratorio.....	18
3.2.1.- Tanques para maduración.....	18
3.2.2.- Tanques para desove.....	20
3.3.- Determinación de la duración de la fase intermuda.....	20
3.3.1.- Acondicionamiento.....	20
3.3.2.- Marcado.....	21
3.4.- Enucleación y monitoreo del desarrollo gonadal de las hembras.....	22
3.4.1.- Clasificación de las hembras.....	22
3.4.2.- Monitoreo de los organismos.....	24
3.5.- Análisis estadístico de los datos.....	26
4.- Resultados.....	28
5.- Discusión.....	38
6.- Conclusiones.....	53
7.- Recomendaciones.....	54
8.- Literatura citada.....	56

## LISTA DE TABLAS

Tabla I.- Composición de la dieta usada para alimentar adultos de <u>Penaeus stylirostris</u> .....	21
Tabla II.- Distribución de hembras adultas de <u>Penaeus stylirostris</u> enucleadas en el pedúnculo ocular durante el periodo posecdisis y colocadas en tanques de maduración.	23
Tabla III.- Promedio del número de mudas de <u>Penaeus stylirostris</u> de 34.91gms $\pm$ 7.66gms .....	28
Tabla IV.- Número de desoves de <u>Penaeus stylirostris</u> cada 30 días .....	32
Tabla V.- Producción de huevecillos por desove de <u>Penaeus stylirostris</u> inducidos a la maduración .....	33
Tabla VI.- Días transcurridos desde la enucleación hasta cada desove de hembras de <u>Penaeus stylirostris</u> .....	34
Tabla VII.- Incrementos de peso de <u>Penaeus stylirostris</u> en condiciones de laboratorio .....	37

## 1. INTRODUCCION.

En México, el camarón ha sido durante décadas la especie pesquera de exportación de mayor importancia, ocupando el segundo lugar en productos de exportación no petroleros (SEPESCA, 1987). A la captura, industrialización y comercialización de este crustáceo se han destinado gran cantidad de barcos, establecimientos industriales y sistemas de distribución (Sevilla, 1983).

La producción de camarón generada a partir de la pesquería establecida en ambos litorales de nuestro país, se mantuvo relativamente estable durante el período comprendido entre 1977 y 1987, fluctuando alrededor de las 73,000 Toneladas anuales (SEPESCA, 1987). Dicha producción permitió a nuestro país mantenerse hasta 1985 como líder exportador de camarón a los Estados Unidos, nación catalogada como uno de los tres mercados principales de este producto a nivel mundial (Chamberlain, 1985).

Sin embargo, México ha perdido recientemente esta posición de liderazgo debido principalmente a tres situaciones: La primera es la disminución paulatina en los volúmenes nacionales de captura, la cual ya es de por sí

una situación grave. La segunda, se refiere al incremento de las producciones camaronícolas de otros países de nuestro continente; mismas que se han alcanzado gracias al desarrollo acelerado de sus programas de cultivo. La tercera, es consecuencia del lento desarrollo en el que ha caído la Industria camaronícola en nuestro país.

A la par de esta situación, la pesca del camarón a nivel mundial también está en una situación de cambio continuo. En 1983 Rackowe estimó que los desembarcos mundiales de camarón entero vivo habían alcanzado una captura máxima sostenible de  $1.75 \times 10^6$  Ton. (Lawrence, 1983). Debido a ello y tomando en cuenta el crecimiento de la población en todo el mundo que aumenta la demanda por alimento de buena calidad; las altas utilidades potenciales y el amplio mercado existente para este producto han creado un gran interés por parte de la iniciativa privada en la Industria Camaronícola; interés que ha dado como resultado un rápido incremento de las granjas de camarón a nivel mundial (Lawrence, 1983). En la década pasada el cultivo de peneidos se ha desarrollado desde una fase experimental y de prueba hasta la producción comercial.

En el hemisferio occidental, la Industria de camaricultura comercial de mayor y más rápido desarrollo comenzó en Ecuador, en la década de los setentas: En 1977 este país exportaba aproximadamente 4,000 toneladas de camarón a los Estados Unidos y al menos el 90% de esa cifra provenía de capturas de fuentes naturales. Aún cuando la producción por pesca permaneció relativamente igual de 1977 a 1983, la cantidad de camarón exportado por Ecuador a Estados Unidos se incrementó a 26,000 Toneladas en 1983. En contraste, México no ha expandido sus exportaciones de este recurso a los Estados Unidos (Lawrence, 1984). De esta manera, nuestro país ha perdido la supremacía en uno de los principales mercados del camarón.

La importancia de este recurso para nuestro país, a la par de la crítica situación por la que atraviesa su captura ha provocado que gran parte de los esfuerzos dentro de esta pesquería se enfoquen al cultivo del crustáceo como una opción viable para la producción (Ramirez-Wong, 1983). Infortunadamente en México esta actividad se ha iniciado por lo general bajo sistemas rústicos, alimentación incipiente y utilizando postlarvas del medio natural (BIOTECMAR, 1987).

En contraste, en otros países como Ecuador, Panamá, Francia, Estados Unidos y Japón se ha completado el ciclo reproductivo del camarón en varias ocasiones para diferentes especies de peneidos: Durante la década de los setentas, grupos como Aquacop (1975), Arnstein y Beard (1975) y SEAFDEC (1976) indujeron la maduración de las hembras de camarón mediante la ablación unilateral. Otros grupos (e.g. Moore et al., 1974; Aquacop, 1975; Caubere et al., 1979; Laubier-Bonichon and Laubier, 1979) maduraron diversas especies en cautiverio mediante la manipulación de factores ambientales, principalmente temperatura y fotoperíodo.

A nivel mundial, aunque el maricultivo del camarón es viable a nivel comercial, la tecnología aún se encuentra en desarrollo por lo que la producción a gran escala se considera de alto riesgo (Lawrence, 1983).

El cultivo de camarón se divide en tres fases: 1.- Seguimiento o producción de reproductores. 2.- Obtención de semilla o larva y 3.- Engorda en estanques.

La más limitante y crítica de estas fases es la disponibilidad de semilla (Lawrence et al., 1979). La variabilidad en su abastecimiento es indiscutiblemente la mayor fuente de incertidumbre, ineficiencia y pérdidas económicas que encaran las granjas camaronícolas (Chamberlain, 1985).

Hasta 1984 al menos el 95% de la producción comercial de camarón en el hemisferio occidental dependía de la colecta de postlarvas en fuentes naturales (Lawrence, 1984); el volumen de semilla colectado es variable y depende del ciclo reproductivo del camarón, por lo que no es constante a lo largo del año y está sometido a los efectos de fenómenos ambientales y variaciones en el clima. Además, con el paso del tiempo la captura resulta inapropiada porque puede llegar a afectar la pesca de camarón en altamar y, a la larga disminuir la producción natural de la especie (Rodríguez-Marín et al., 1985).

Debido a lo anterior, se ha hecho necesario el establecimiento y operación sistemática de laboratorios de producción de postlarva que contribuyan a la disponibilidad de ésta y disminuyan la dependencia del abastecimiento en

el medio natural (BIOTECMAR, 1987); de tal manera que sea posible extender el cultivo a áreas que carecen de poblaciones nativas del mismo, asegurar la disponibilidad de semilla durante todo el año e inclusive desarrollar un programa de mejoramiento genético.

Algunos laboratorios ya están funcionando en nuestro país: CET del Mar en La Paz B.C.S.; Universidad Autónoma de Sonora, CICTUS en Puerto Penasco, Sonora; Instituto de Investigaciones Oceanológicas Ensenada, B.C.; Acuacultores del Pacífico en Guaymas, Sonora; Biotec Antares en Bahía Kino, Sonora.

Existen además laboratorios en diversas partes del mundo: Estados Unidos, Ecuador, Panamá, que trabajan con diferentes grados de efectividad.

Para la mayoría de los laboratorios, la fase de maduración de las hembras en cautiverio sigue siendo uno de los puntos clave del proceso de producción de larva en laboratorio (Lawrence, McVey y Huner, 1985).

En tanto la tecnología avanza y se difunde; el

abastecimiento de postlarva para los cultivos comerciales existentes se impulsa mediante las técnicas actuales, que pueden dividirse en dos grandes grupos: 1.- La enucleación del pedúnculo ocular y, 2.- El control ambiental. Ambas en combinación con una dieta adecuada (Chamberlain, 1985).

Existe controversia cuando se evalúan las ventajas potenciales de controlar la reproducción mediante el método de manipulación ambiental comparativamente con el de enucleación; y se plantea aún la duda sobre si el primero es mejor que este último, que implica el sacrificio de los progenitores al final del ciclo reproductivo. La enucleación llegará a ser cada vez menos necesaria, únicamente si se optimizan más variables ambientales (Chamberlain, 1985).

A propósito de esta controversia respecto del control de la reproducción, Sandifer (no publicado) categorizó a los peneidos en tres grupos, basándose en sus respuestas a estímulos ambientales y requerimientos de ablación unilateral. A saber: **grupo 1.-** Aquellas especies que bajo determinadas condiciones ambientales y dieta apropiadas pueden al menos en una ocasión, madurar y desovar en

cautiverio sin necesidad de ablación (e.g. Metapenaeus ensis, Penaeus aztecus, P. duorarum, P. japonicus, P. merquiensis, P. penicillatus, P. setiferus, P. stylirostris y P. vannamei). **grupo 2.-** Aquellas especies que parecen requerir forzosamente de ablación para lograr la maduración en cautiverio (e.g. Penaeus monodon). y, **grupo 3.-** Aquellas especies cuya inducción reproductiva da mejores resultados con una combinación de ablación y manipulación ambiental (e.g. Penaeus setiferus, P. stylirostris y P. vannamei).

Sin embargo, la optimización del control mediante manejo ambiental requiere de un esfuerzo de investigación continuo que tardará aún varios años para arrojar resultados favorables a gran escala.

Por otra parte, cabe aclarar que el término: "ablación del pedúnculo ocular" en crustáceos, se utiliza indistintamente refiriéndose a dos procedimientos diferentes: La ablación propiamente dicha, que consiste en el corte definitivo del pedúnculo (Muthu y Laxminarayama, 1977) y La enucleación que se lleva a cabo mediante una insición en el extremo distal del ojo, expulsando el contenido del mismo exprimiéndolo manualmente (Kelemec y Smith, 1980).

La enucleación tiene la ventaja de mayor efectividad y rápido coagulado de la hemolinfa en el pedúnculo vacío (Caillouet, 1972). En ambos casos el efecto de cortar o enuclear el pedúnculo ocular es básicamente el mismo: la remoción de las estructuras internas del pedúnculo, el **órgano "X"** y la **"glándula del seno"** (que son fuentes de hormonas entre las que se involucran aquellas que regulan la reproducción y el crecimiento), da como resultado en la mayoría de los casos, hipertrofia gonadal prematura o no estacional. Lo anterior se atribuye a la eliminación de la hormona inhibidora de la gónada (HIG), (Otsu, 1963; Bomirski et al., 1981). La liberación natural de las hormonas del pedúnculo ocular: hormona inhibidora de la muda (HIM) y hormona inhibidora de la gónada (HIG) y de otras más, está coordinada de manera recíproca para evitar involucrar simultáneamente al organismo en los procesos de muda y reproducción, ambos demandantes de energía (Chamberlain, 1985). Esta dominancia hormonal alternativa explica por que la ablación del pedúnculo ocular acelera algunas veces la reproducción y otras veces la muda seguida de crecimiento somático, dependiendo del proceso que normalmente debería haber ocurrido después de que se han

removido el órgano X y la glándula del seno (Bliss y Highnam, 1978).

Si se practica la ablación en camarones que se están preparando para entrar en su "pico reproductivo", éstos estarán mayormente condicionados a presentar una respuesta favorable de maduración gonadal comparados con aquellos que están entrando a un período no reproductivo (Bliss, 1966; Adiyodi y Adiyodi, 1970). Del mismo modo, la ablación que tiene lugar durante la premuda causa la muda; la misma operación, practicada inmediatamente después de la muda causa la muerte y, efectuada durante la intermuda causa la maduración (Aquacop, 1977).

Así, la sincronía entre la etapa intermuda de cada organismo y la fecha de enucleación del mismo se convierte en un factor básico para inducir exitosamente la maduración gonadal; además de que es condición importante para la producción y sincronización en la producción de huevos (Browdy y Samocha, 1985).

Probablemente no exista mejor manera de ilustrar la importancia de la predecibilidad en la producción de larva

que la problemática que ha enfrentado Ecuador a este respecto: "En 1985 entre el 40% y el 50% de todos los estanques de cultivo que tenía este país (aproximadamente 100,000 acres) estuvieron vacíos durante largos períodos de tiempo debido a la disminución de larva silvestre y a la escasez de larva producida en laboratorio" (Chamberlain, 1985). Asumiendo que en un estanque de cultivo semiintensivo típico, las postlarvas se siembran a razón de 533,333 por acre (Chamberlain, op. cit.), se tendría una demanda estimada por Ecuador en 1985 de 53,333 millones de larvas. En este gran mercado se espera que la demanda exceda a la oferta durante varios años; con lo que la demanda de tecnología de reproducción también ha llegado a su pico máximo (Chamberlain, 1985).

Coordinando la ablación con el período óptimo para iniciar el desarrollo gonádico a partir del momento de ecdysis, se necesitan menos reproductores para producir grandes cantidades de larva en un período determinado (Browdy y Samocha, 1985); porque se asegura la inducción a la madurez gonadal de cada organismo.

Esencialmente, todas las especies de camarón que se han

evaluado hasta la fecha en términos de productividad, viabilidad de reproducción en cautiverio y rentabilidad financiera han sido del género Penaeus spp., que incluye todas las especies comerciales de mayor importancia del hemisferio occidental. Las especies nativas evaluadas en orden de productividad decreciente en pozas de cultivo son: Penaeus vannamei, P. stylirostris, P. setiferus, P. occidentalis, aztecus, californiensis y P. duorarum (Lawrence, 1983).

De las especies mencionadas, la única cuya maduración, desoves y eclosión de huevecillos se ha obtenido sincronizando el ciclo de muda con la ablación es P. setiferus. Esta especie es apta para su cultivo en Israel (Browdy y Samocha, 1984), zona donde se llevó a cabo su estudio; no obstante, en América las dos especies nativas de peneidos, más aptas para el cultivo comercial son P. vannamei y P. stylirostris

Ambas especies han sido maduradas y desovadas en cautiverio. P. vannamei es una especie fuerte y con mayor tiempo de vida, pero su frecuencia de apareamiento y el número de huevos por desove de cada hembra ha sido menor

que el obtenido para *P. stylirostris* (Aquacop, 1983; Chamberlain y Lawrence, 1981). Por su parte, *P. stylirostris* ofrece ventajas que la colocan como especie prioritaria para la producción masiva en las costas del Golfo de California; el control de su ciclo de maduración y desove en diversos laboratorios de nuestro país y de diversas partes del mundo ha tenido mayor éxito que el logrado con *P. vannamei* (SEPESCA, 1987; Brown et al., 1980; Chamberlain y Lawrence, 1981a y b); y además, presenta crecimiento rápido en estanques (Lawrence, McVey y Huner, 1985). No obstante todo lo anterior, actualmente existen serios problemas con la reproducción de esta especie debido a la enfermedad producida por el virus VIH; el cual provoca altas mortalidades en estos organismos.

El ciclo de vida de *P. stylirostris* se ha estudiado minuciosamente tanto en el aspecto reproductivo como en el de su crecimiento y productividad en estanques: El grupo Aquacop (1979) completó su ciclo de vida controlando la maduración, tanto con factores ambientales específicos como mediante ablación unilateral; Lawrence et al. (1979) analizaron el contenido bioquímico de huevos desovados de *P. stylirostris* proveniente de poblaciones naturales; Brown

et al. (1980) maduraron y obtuvieron desoves de P. stylirostris mantenido en condiciones ambientales propicias y dieta de poliquetos, calamar y alimento peletizado; tanto con organismos ablacionados como con otros no operados. Chamberlain y Lawrence (1981b) midieron los efectos de la intensidad luminosa y la ablación unilateral en la reproducción de hembras y machos; Aquacop ha dominado la técnica para completar el ciclo reproductivo de P. stylirostris por varias generaciones mediante la enucleación, pinchando y exprimiendo el pedúnculo ocular; Sadeh et al. (1983) modificaron un modelo para monocultivo desarrollado por Pardy et al. (1982) aplicándolo para policultivo de muchas combinaciones de P. stylirostris y P. vannamei con diferentes densidades de cultivo. Sandifer et al. (1984) indujeron la expulsión del espermátforo mediante estímulos eléctricos en P. stylirostris, P. vannamei y P. setiferus.

No obstante lo anterior, no se ha estudiado en esta especie la aplicación de la técnica de enucleación durante periodos específicos de la etapa intermuda de cada organismo. La importancia de este análisis radica en que, una vez dominada la técnica y establecido el período

durante el que ésta debe realizarse, podría como ya hemos mencionado, ampliar el rango de seguridad en la predicción de fechas de entrega y volúmenes de producción de larva para abastecer las granjas comerciales de nuestro país.

## 2. OBJETIVO

Probar la inducción a la maduración de las hembras de Penaeus stylirostris durante un período invernal mediante la enucleación del pedúnculo ocular en los días octavo y décimo a partir del momento de ecdisis. Con el objeto de obtener reproductores fuera de temporada.

### 3.- MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de acuacultura del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California, situado en el Km 6 de la carretera Tijuana-Ensenada.

#### 3.1.- METODOLOGIA DE CAMPO.

Los adultos de Penaeus stylirostris se capturaron en el Golfo de Santa Clara Sonora, durante el mes de agosto de 1987. Para los arrastres se utilizó una lancha con motor fuera de borda, efectuándose lances de no más de 15 minutos de duración cada uno, empleando para ello una red de deriva de monofilamento de 35mm de luz de malla y 2 brazas de amplitud.

Ya a bordo de la embarcación se colocaron los camarones en hieleras de 35 litros de capacidad en grupos de 20 organismos por hielera. Los niveles de oxígeno se mantuvieron entre 4 y 6 ppm mediante cambios del 50% del volumen de agua cada 10 minutos. La temperatura del agua se

mantuvo a 29° C durante el recorrido.

Del total de organismos capturados se seleccionaron únicamente los mayores de 15 gramos de peso, obteniéndose así 120 camarones (50% machos y 50% hembras). Una vez en tierra, los organismos se trasladaron al laboratorio de acuicultura del IIO en un tanque de fibra de vidrio de 1,200 litros de capacidad con 900 litros de agua de mar; la temperatura del agua varió de 29° C al inicio del viaje a 25° C al llegar a Ensenada. Se utilizó además un sistema de recirculación de agua constituido por una bomba sumergible de 12V y 1/3 HP con capacidad de 36 l/min, por medio del cual se mantuvieron los niveles de oxígeno entre 4 y 6 ppm.

### 3.2.- INSTALACIONES DEL LABORATORIO.

#### 3.2.1.- Tanques para maduracio'n.-

Para el experimento de maduración se utilizaron 6 tanques de fibra de vidrio de 600 litros de capacidad c/u, con dimensiones de 1m de diámetro y 0.4 metros de altura. Cada tanque se cubrió por la mitad con plástico negro y por la otra mitad con malla plástica de 2 mm de luz de malla con un doble propósito: 1.- Evitar el maltrato y/o la pérdida de organismos cuando éstos saltaban por encima de

la superficie del agua. 2.- Permitir sólo en grado mínimo la incidencia de luz natural sobre los tanques.

La intensidad luminosa en la superficie del agua se midió con ayuda de un fotómetro Mod. QSL-100. Posteriormente se colocó un tubo de luz fluorescente de 40 watts en cada tanque y se ajustó la incidencia total de luz a  $0.6 \text{ Es/m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Chamberlain, 1981). El fotoperíodo utilizado fue de 13 horas luz y 11 horas oscuridad (Chamberlain y Lawrence, 1981).

Se efectuaban cinco recambios diarios de agua de mar (34.5% de salinidad promedio). El proceso de tratamiento del agua antes de entrar a los tanques comprendía filtrado mecánico con arena; calentamiento mediante un intercambiador de calor accionado por una caldera diesel ( $28^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$ ); filtrado mecánico con tamices de 5u y 1u respectivamente y por último, esterilizado mediante su paso a través de una cámara de rayos ultravioleta. El nivel de oxígeno disuelto se mantuvo entre 5 y 7 ppm bombeando aire mediante un compresor de 1/2 HP.

### **3.2.2.- Tanques para desove.-**

Para los desoves se utilizaron 3 tanques cónicos de 400 litros de capacidad. La temperatura y salinidad del agua fueron iguales a las registradas para los tanques de maduración. El nivel de oxígeno se mantuvo entre cuatro y seis partes por millón. En esta sección no se controló el fotoperíodo ni la intensidad luminosa; estos tanques también se cubrieron con malla plástica de 2 mm de luz de malla para evitar pérdida de los organismos cuando saltaban fuera del agua.

### **3.3.-DETERMINACION DE LA DURACION DE LA FASE INTERMUDA.**

#### **3.3.1.-Acondicionamiento.-**

Una vez llegados al laboratorio, los animales se sexaron; se escogieron 36 organismos, 18 machos y 18 hembras de 25 gramos de peso o mayores; y se ubicaron en grupos de 6 animales por tanque, 3 hembras y 3 machos. Para alimentarlos se utilizó calamar frescongelado y una dieta peletizada (Tabla I). Se suministraban 3 raciones por día: calamar por la mañana y alimento balanceado para las dos raciones restantes. Cada porción diaria a razón del 10% de biomasa total por tanque, repartidas de la siguiente manera: calamar:alimento balanceado: alimento balanceado (2:1:1).

Los organismos pasaron por un período de acondicionamiento durante los meses de septiembre y octubre de 1987. Diariamente se limpiaba el fondo de los tanques de residuos de alimento y excretas; durante el proceso de limpieza se revisaba cada tanque en busca de exoesqueletos residuales resultantes de las mudas de cada hembra. De esta manera se podría estimar la duración del ciclo de muda.

TABLA I.- Composición de la dieta usada para alimentar adultos de *Penaeus stylirostris*.

Ingredientes	Porcentaje (%)	
Harina de trigo	22.3	
Harina de soya	7.5	
Harina de calamar	49.0	a
Harina de camarón	7.5	
Harina de pescado	9.0	
Solubles de pescado	1.0	
Mezcla de minerales	1.5	b
Mezcla de vitaminas	0.5	c
Acido ascorbico	0.2	
Aceite de pescado	1.0	
Aceite de soya	0.5	

a/ Calamar escaldado a 90 C durante dos min.

b/ Fosfato monocalcico-dicalcico.

c/ Mezcla comercial (Peterson).

\*Tomado de CICTUS (1985)

### **3.3.2.- Marcado.-**

El marcado de todas las hembras se efectuó mediante cortes transversales en los urópodos, según describen Emmerson, et al. (1983). Para facilitar su identificación, se les colocó además un anillo numerado de plástico que se les insertaba en el pedúnculo ocular derecho (Aquacop, 1983).

### **3.4.- ENUCLEACION Y MONITOREO DEL DESARROLLO GONADAL DE LAS HEMBRAS.**

#### **3.4.1.- Clasificación de las hembras.-**

Una vez concluido el período de acondicionamiento y habiendo determinado el tiempo aproximado de duración de los períodos intermuda de las hembras, se inició el experimento de inducción a la maduración.

Las hembras se pesaron, obteniéndose un promedio de  $34.91 \pm 7.66$  gramos; posteriormente se seleccionaron seis hembras que se encontraran en el octavo y décimo día de su última muda. Todas las hembras seleccionadas se operaron en el pedúnculo ocular izquierdo mediante el método de enucleación descrito por Primavera (1978).

Después de operados, los organismos se clasificaron de la siguiente manera: las seis hembras operadas en el décimo día (DDM:10) se dividieron en dos grupos, colocándolas en los tanques "A" y "B" marcados como "réplicas del Grupo I". Las hembras operadas en el octavo día (DDM:8) se repartieron también en dos tanques "C" y "D" que eran las "réplicas del Grupo II".

Las seis hembras restantes no se operaron y se colocaron en los tanques "F" y "G" como replicas del grupo control. En cada uno de los tanques de hembras operadas y controles se colocaron a su vez tres machos, con lo cual la densidad final por grupo fue de seis organismos. (Tabla II).

TABLA II.- Distribucion de hembras adultas de *Penaeus stylirostris* enucleadas en el pedunculo ocular durante el periodo posecdisis y colocadas en tanques de maduracion (a 28 C y 34 ppm de salinidad).

TANQUES	GRUPO I		GRUPO II		CONTROL	
	A	B	C	D	F	G
Numero de hembras	3	3	3	3	3	3
Condicion del grupo*	10	10	8	8	-	-

\* Dias transcurridos despues de la muda.

- No fueron operadas.

El control del fotoperíodo de 13 horas luz (Chamberlain y Lawrence, 1981a) y de la intensidad luminosa ( $0.6 \text{ Es/m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) (Chamberlain, 1981) se inició a partir de esta etapa, una vez que todos los organismos habían sido reubicados.

#### 3.4.2.-Monitoreo de los organismos.-

Todos los días, al momento de limpiar el fondo de los tanques de residuos de alimento, excreciones y exoesqueletos se efectuaban revisiones visuales de los organismos, con el fin de detectar los diferentes estadios de maduración. Para estas revisiones se utilizó el patrón de 4 estadios descrito por Liao y Chen (1983) modificado para *Penaeus stylirostris*, el cual se basa en los cambios de color y volumen de los ovarios: Cuando el ovario vacío es transparente y casi indistinguible o se ha reabsorbido se describe como G1; el ovario que presenta dos delgadas líneas de color amarilloso a los lados del intestino del organismo pero con los extremos aún indistinguibles se describe como G2; el ovario de color café verdoso y abultado cubriendo por completo la parte dorsal del exoesqueleto representa el G3; y por último, el ovario

verdoso y muy abultado en el que inclusive se distinguen los huevos de tipo granular y color verde oscuro se describe como G4.

La selección de hembras listas para desovar es sencilla ya que sus caparazones son traslúcidos, permitiendo observar a simple vista el color de los ovarios, sin necesidad de manipularlas excesivamente (Aquacop, 1979). Las hembras que se encontraban en el estadio más avanzado de maduración (G4), próximas a desovar se trasladaban por la noche alrededor de las 20:00 horas a un tanque de fondo cónico de 400 litros (tanque de desove). En el mismo tanque se colocaba un macho maduro, con las ámpulas terminales blancas y grandes, símbolo de madurez gonadal (King, 1948; Malek y Bawab, 1974); en espera de que ocurrieran apareamientos.

A la mañana siguiente se revisaban los tanques de desove en busca de huevecillos. Si durante la noche la hembra había desovado se la regresaba al tanque de maduración junto con el macho. Después se procedía a vaciar el tanque filtrando el agua con un tamiz de 140u para atrapar los huevecillos. Cuando se habían colectado todos,

se filtraban nuevamente, ahora con tamices de 300u y 100u para separarlos de los detritos (restos de alimento y membranas protectoras arrojadas durante el desove). Cuando los huevecillos estaban ya limpios se colocaban en una cubeta plástica con capacidad de dos litros, se tomaban tres alícuotas de un mililitro cada una y con ellas se efectuaban conteos por triplicado en un hematocitómetro. Posteriormente se regresaban los huevecillos a los tanques de desove, provistos con un nivel de aireación mínimo con el fin de evitar la formación de burbujas muy grandes que pudiesen destruirlos. Se controló el nivel de aireación y un flujo pequeño de agua para evitar la pérdida de huevecillos a través del drenaje. Si la hembra no desovaba el primer día, se le dejaba en el mismo tanque hasta dos días más, esperando que ocurriera el desove o reabsorción de la gónada.

### 3.5.- ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS.

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo mediante pruebas estadísticas no paramétricas; debido a que experimento no cumple con los criterios de normalidad requeridos en estadística paramétrica.

Para comparar el número de desoves de cada hembra, el volumen de huevecillos arrojados en cada desove, el peso inicial y final de cada organismo y los incrementos de peso; se utilizó el Tratamiento estadístico de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon para probar diferencias entre réplicas. para comparar datos de incremento individual de peso y peso final se utilizó el Análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskall-Wallis.

#### 4. RESULTADOS

Se obtuvo el número promedio de mudas por hembra con base en los datos de exoesqueletos residuales registrados diariamente en cada tanque durante los dos meses de acondicionamiento de los animales (Tabla III). El promedio general de mudas por hembra fué de 0.7 mudas cada 16 días. A partir de este valor se estimó una muda cada 23 días.

TABLA III.- Promedio del número de mudas de hembras de *Penaeus stylirostris* de 34.91gms. +7.66gms., monitoreadas cada 16 días en condiciones de 28 C de Temperatura y 34 ppm de salinidad.

Periodos	TANQUES					
	A	B	C	D	F	G
1o	1.3	1	0.3	0.3	0.3	0.3
2o	1	1	0.6	3	0	0.6
3o	0.3	1	0	0.3	0.6	0.3
4o	0.6	0.5	0.3	1.5	1.3	1
5o	1.3	5	0.6	1	0.6	1.7
6o	0	0	0	0.5	0.3	0
Promedios	0.8	0.7	0.3	1.1	0.5	0.7

\*Promedio general: 0.7 mudas por hembra cada 16 días.

Todos los machos que se manejaron durante el experimento presentaron desarrollo gonadal. Iniciándose

este alrededor de 45 días a partir del inicio del experimento de inducción.

Las hembras de los grupos I y II presentaron una respuesta favorable a la técnica de maduración; ya que ocho organismos de un total de doce presentaron desarrollo gonadal. En las hembras del grupo control no hubo desarrollo gonadal.

Se utilizó la clasificación de Liao y Chen (1983) para evaluar el grado de variación en el estadio gonadal que presentaban las hembras.

De acuerdo a la clasificación anterior, la primera etapa del desarrollo ovárico en las hembras, etapa G2 según Liao y Chen (1983) se presentó aproximadamente cuatro semanas después de la enucleación del pedúnculo ocular en la mayoría de los organismos. El primer desove ocurrió a los 62 días de iniciado el tratamiento.

Se observó que la actividad de cortejo comenzaba alrededor de las 20:00 horas, cuando los camarones nadaban en círculos en la superficie del agua uno detrás de otro.

Sin embargo, los animales chocaban contra las paredes de los tanques; lo cual provocaba la suspensión momentánea del movimiento.

Los resultados del tratamiento estadístico de rangos senalados y pares igualados de Wilcoxon para probar diferencias entre réplicas con base en el número de desoves de cada hembra (Tabla IV) no mostraron diferencias significativas entre las réplicas del grupo I y las réplicas del grupo II.

El mismo tratamiento se utilizó para probar diferencias entre los grupos I y II con base en el número de desoves (Tabla IV), con resultado negativo.

Durante los 140 días de duración del experimento un total de 4 hembras del grupo I produjeron  $2.26 \times 10^6$  huevecillos. En el caso del grupo II, las 4 hembras que presentaron desoves produjeron  $1.33 \times 10^6$  huevecillos (Tabla V).

Ninguna de las hembras maduras presentó espermátforo adherido al momento de ser trasladada a los tanques de

desove. No se registraron eclosiones en los huevecillos desovados; y, en lo que respecta al número de huevecillos por hembra, el estadístico de Wilcoxon prueba que sí hay diferencias significativas entre los tratamientos I y II, con un nivel de confianza del 5%.

No se establecieron tendencias definidas de aumento o disminución en el número de huevecillos de desoves consecutivos para cada hembra. Este valor fluctuó alrededor de los 140,000 huevecillos por desove en todos los casos.

Los valores máximo y mínimo de huevecillos desovados para el grupo I fueron 276,000 y 58,000 respectivamente. Para el grupo II dichos valores fueron 136,000 y 21,333 (Tabla V).

Por otra parte, el número promedio de días transcurridos desde la enucleación hasta el primer desove fué menor para el grupo I (69 días) que para el grupo II (77 días) (Tabla VI). No obstante, el análisis estadístico de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon no muestra diferencias entre los dos Tratamientos en base al número de días desde la enucleación hasta el primer desove.

TABLA IV.- Numero de desoves de *Penaeus stylirostris* cada 30 dias, monitoreados en condiciones de 28 C de Temperatura y 34 ppm de Salinidad.

GRUPO I						
TANQUES	A			B		
ORGANISMOS	1	2	3	1	2	3
1er mes	1	0	0	0	1	0
2o mes	2	3	0	1	2	0
3er mes	1	2	0	0	2	0
promedios	1.3	2.0	0.0	0.3	1.7	0.0
GRUPO II						
TANQUES	C			D		
ORGANISMOS	1	2	3	1	2	3
1er mes	0	0	0	1	1	0
2o mes	5	2	0	1	0	0
3er mes	2	2	0	0	0	0
promedios	2.3	1.3	0.0	0.7	0.3	0.0
CONTROL						
TANQUES	F			G		
ORGANISMOS	1	2	3	1	2	3
1er mes	0	0	0	0	0	0
2o mes	0	0	0	0	0	0
3er mes	0	0	0	0	0	0
promedios	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TABLA V.- Produccion de huevecillos por desove de *Penaeus stylirostris*, inducidos a la maduracion y monitoreados en condiciones de 28 C de Temperatura y 34 ppm de salinidad.

GRUPO I						
TANQUES	A			B		
ORGANISMOS	1	2	3	1	2	3
1er desove	121,333	276,000	0	160,667	105,000	0
2o desove	132,333	58,000	0	*	85,667	0
3er desove	250,000	107,333	0		141,933	0
4o desove	160,000	64,667	0		177,267	0
5o desove		132,000			130,000	
6o desove		155,000				
7o desove						
totales	663,666	793,000	0	160,667	639,867	0
GRUPO II						
TANQUES	C			D		
ORGANISMOS	1	2	3	1	2	3
1er desove	21,333	116,000	0	102,666	58,000	0
2o desove	122,000	136,200	0	85,667	*	0
3er desove	116,000	80,000	0	*		0
4o desove	107,333	100,933	0			
5o desove	61,667					
6o desove	107,333					
7o desove	109000					
totales	535,666	433,133	0	188,333	58,000	0
CONTROL						
TANQUES	F			G		
ORGANISMOS	1	2	3	1	2	3
1er desove	0	0	0	0	0	0
2o desove	0	0	0	0	0	0
3er desove	0	0	0	0	0	0
4o desove						
5o desove						
6o desove						
7o desove						
totales	0	0	0	0	0	0

Nota: \* significa deceso prematuro.

TABLA VI.- Dias transcurridos desde la enucleacion hasta cada desove de hembras de *Penaeus stylirostris*, monitoreadas en condiciones de 28 C de Temperatura y 34 ppm de salinidad.

GRUPO I						
TANQUES	A			B		
ORGANISMOS	1	2	3	1	2	3
1er desove	65	64	@	89	59	@
2o desove	94	94		*	95	
3er desove	119	105			109	
4o desove	121	190			124	
5o desove		122			133	
6o desove		131				
7o desove						
GRUPO II						
TANQUES	C			D		
ORGANISMOS	1	2	3	1	2	3
1er desove	81	94	@	72	62	@
2o desove	90	108		83	*	
3er desove	93	119		*		
4o desove	104	125				
5o desove	108					
6o desove	118					
7o desove	125					
CONTROL						
TANQUES	F			G		
ORGANISMOS	1	2	3	1	2	3
1er desove	@	@	@	@	@	@
2o desove						
3er desove						
4o desove						
5o desove						
6o desove						
7o desove						

Nota: \* significa: deceso prematuro.

@ significa: no hubo desove alguno.

La Tabla VII muestra los resultados de incrementos de peso de los organismos.

El análisis efectuado mediante la prueba de Wilcoxon para comparar las réplicas de los grupos de prueba y del grupo control, con base en el peso inicial y en los incrementos de peso de los organismos no reveló diferencias significativas.

La misma prueba tampoco evidenció diferencias significativas al comparar los grupos I y II entre sí y contra el control con base en los valores de peso inicial e incrementos de peso.

El análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskal-Wallis, aplicado con base en estos datos de incremento individual de peso, no reveló diferencias significativas entre ambos tratamientos y el control.

Los datos de pesos finales se analizaron mediante la prueba de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon. Únicamente se encontraron diferencias significativas entre el grupo II y el Control con un nivel de confianza de 5%.

A los datos de peso final también se les aplicó el análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskall-Wallis para probar diferencias entre tres muestras. No se encontró diferencia entre los grupos y el control.

El porcentaje de sobrevivencia de los organismos fué de 66.67% para el grupo I (4 organismos de 6) y de 50% para el grupo II (3 organismos de 6). En el grupo Control la sobrevivencia de los organismos fué de 100%.

**TABLA VII.- Incrementos de peso de *Penaeus stylirostris* en condiciones de laboratorio (28 C de Temperatura y 34 ppm de Salinidad).**

ORGANISMOS		PESOS (gramos)		
		INICIAL	FINAL	INCREMENTO
G R U P O I	A1	47.04	52.71	5.67
	A2	30.96	36.63	5.67
	A3	31.94	42.71	10.77
	B1	34.98	41.23	6.25
	B2	42.73	44.27	1.54
	B3	31.85	45.1	13.25
G R U P O II	C1	25.03	39.03	14
	C2	25.36	31.02	5.66
	C3	31.16	42.6	11.44
	D1	39.03	42.35	3.32
	D2	37.65	40.25	2.6
	D3	23.72	35.47	11.75
C O N T R O L	F1	30.24	40.65	10.41
	F2	41.53	42.28	0.75
	F3	24.92	35.2	10.28
	G1	41.41	46.8	5.39
	G2	41.94	43.9	1.96
	G3	46.97	48.2	1.23

## 5. DISCUSION

La periodicidad de muda de las hembras de Penaeus stylirostris en los tanques de maduración fué en promedio de  $23 \pm 6$  días. Se reporta el valor promedio de las 18 hembras manejadas durante el periodo de acondicionamiento debido a que no fué posible efectuar un seguimiento individual de los ciclos de cada una.

Otros autores reportan para adultos de la misma especie datos variables para el período intermuda:  $11.5 \pm 1$  día (Robertson et al., 1981), 9 veces durante un período de 6 meses y 6 días (Brown et al., 1980) y hasta de 30 a 45 días (Aquacop, 1979).

Siendo la muda consecuencia directa del crecimiento, y tomando en cuenta que la velocidad de crecimiento somático disminuye a medida que el individuo es de mayor edad (Barnes, 1977); es de suponerse que tan amplia variación en la duración de los períodos intermuda puede tener origen en la diversidad de los grupos estudiados. Ya que aún siendo de la misma especie, los organismos de cada grupo provenían de diversas poblaciones, eran de edades variables y tenían

diferentes tallas.

Cuando se trabaja con organismos progenitores, la extensión de los períodos intermuda es un indicativo de que se está trabajando con camarones muy viejos o enfermos; y de que el grupo de progenitores debe renovarse (Aquacop, 1979). Por lo anterior, es recomendable llevar a cabo un seguimiento individual de la extensión del ciclo de muda para cada organismo que se pretenda manejar como reproductor (Browdy y Samocha, 1985); ya que de esta manera se logra tener un control sobre la salud de estos organismos y por consecuencia sobre su capacidad como reproductores.

El desarrollo gonadal de las hembras operadas, estadio G2 según Liao y Chen, (1983) comenzó a las cuatro semanas de iniciado el tratamiento; ocho de doce organismos presentaron maduración ovárica, y el primer desove ocurrió a los 62 días de la fecha de operación. Comparativamente, Brown (1980) reporta una duración de dos semanas para el inicio del desarrollo ovárico y de 45 días para la ocurrencia del primer desove. El retraso en la reacción ocurrido en nuestro experimento puede ser reflejo de la

condición de los animales; ya que habiendo sido capturados en el mes de agosto, fueron inducidos a madurar fuera de su estación reproductiva. Otro factor a considerar en este caso es que al inicio del experimento los camarones pesaban menos de 40 gramos que es el peso inicial recomendado por Chamberlain (1985) para reproductores.

En el experimento realizado se aplicaron todos los factores que han demostrado ser fundamentales y de influencia específica para lograr la inducción de organismos adultos de *P. stylirostris* bajo condiciones de laboratorio, como son: temperatura, salinidad, niveles de oxígeno, fotoperiodo e intensidad luminosa (ver materiales y métodos); sin la utilización de enucleación. Sin embargo los organismos del grupo control no presentaron desarrollo gonádico, lo cual sugiere que la enucleación resultó favorable para la inducción del desarrollo ovárico.

Al respecto, Bentancourt-Villa, (1987) encontró en un experimento similar al presente, llevado a cabo con *P. stylirostris* durante el periodo septiembre de 1988 a marzo de 1989, respuesta positiva a la inducción a la maduración únicamente en 5 de las 24 hembras utilizadas como grupo

control; es decir, no enucleadas. De aquí concluye que la enucleación es necesaria para asegurar la maduración.

El grupo Aquacop (1979) reporta un aumento favorable en los resultados de maduración y desove de hembras enucleadas; en contraste, Chamberlain y Gervais (1984) obtuvieron desoves de *P. stylirostris* fuera de estación, utilizando control de temperatura y fotoperíodo mas que con la ablación.

Brown (1980) sugiere que, si bien, en el caso de *P. stylirostris* la ablación unilateral no es un procedimiento indispensable si parece acelerar el inicio del desarrollo ovárico y el redesarrollo posterior a cada desove. Por lo anterior, hasta el momento es necesario emplear la técnica de enucleación como un medio de asegurar el desarrollo ovárico y el consiguiente abastecimiento de larva, en épocas no reproductivas, en tanto se perfeccionan las técnicas de control físico-químico que por ser menos violentas permitirán evitar el manipuleo, el aumento en los requerimientos nutricionales debido a los cambios hormonales provocados y la tensión fisiológica. Todas ellas consecuencias inherentes al proceso de enucleación.

Todas las hembras iniciaron el desarrollo gonadal al mismo tiempo. lo cual es indicativo de que en esa etapa del ciclo intermuda (entre los ocho y los diez días a partir del momento de ecdysis) se induce la maduración hasta después de una o dos mudas.

Browdy y Samocha (1985) efectuaron experimentos de enucleación en hembras de Penaeus semisulcatus con dos grupos de organismos: el primero con 8, 9 y 10 días después de su última muda; el segundo a los 13, 14 o 15 días después de su última muda. Sin embargo, no encontraron diferencias significativas de respuesta entre estos dos grupos; limitándose a sugerir estudios más profundos para determinar el estadio óptimo en el ciclo de muda.

El efecto de la enucleación sobre la respuesta a la primera maduración de los organismos puede ser rápido, algunas hembras desarrollan sus ovarios casi inmediatamente y desovan en un término de tres a cuatro días, en otros casos las hembras mudan y les toma de dos a tres semanas llegar a iniciar el desarrollo de los ovarios (Aquacop, 1979, 1983).

Las causas que producen tan amplia variación temporal en la respuesta de los organismos no se han determinado con exactitud; se presume que la edad del organismo, su condición individual de reservas energéticas y la época del año influyen en el tiempo de respuesta (Adiyodi y Adiyodi, 1970).

El primer desove ocurrió a los 62 días de la operación, este período también puede considerarse largo en comparación con los reportados por otros autores (Chamberlain et al., 1985). Es decir, la respuesta de desarrollo reproductivo fué efectiva pero tardía.

Se obtuvieron promedios de 1.3 desoves/hembra/mes para el Tratamiento I y de 1.2 desoves/hembra/mes para el Tratamiento II. Estos valores se encuentran dentro del rango reportado por otros autores para esta especie: de 0,57 d/h/m (Aquacop, 1979); 1.42 d/h/m (Brown et al., 1980) y 3.73 d/h/m (Aquacop, 1980).

Ninguna de las hembras estudiadas presentó espermátforo adherido al momento de ser trasladada a los tanques de desove: La actividad de cortejo comenzaba en el

transcurso de la tarde, cuando hembras y machos nadaban en círculos cerca de la superficie del agua unos detrás de otros, en coincidencia con el comportamiento descrito por Chamberlain (1985). Pero los animales chocaban frecuentemente contra las paredes de los tanques, lo que provocaba la suspensión momentánea del movimiento.

Es muy probable que la ausencia de espermatóforo adherido en las hembras se haya debido a la carencia de espacio suficiente para completar el cortejo de los reproductores ya que se ha reportado que este ritual incluye minimamente de 50 a 100 centímetros de distancia de nado paralelo ininterrumpido.

A este respecto, se ha encontrado que los tanques utilizados con mayor éxito en estudios de maduración han sido circulares, con un mínimo de tres metros de diámetro (Chamberlain, 1985). Asimismo, experimentos con Penaeus setiferus (Brown et al., 1979) han demostrado que las paredes de color negro reducen la incidencia de choques de los animales contra los tanques.

Es evidente, que tanto el tamaño como el color de las

paredes de los tanques utilizados en el presente trabajo no fueron óptimos; ya que, además de la ausencia de espermatóforo adherido de las hembras de ambos grupos se observaron signos de deterioro físico en todos los organismos a lo largo del experimento; tales como: manchas negras en el caparazón que son signos de ataque bacteriano (Chamberlain, 1985); y segmentos de rostrum maltrecho o roto. Estas lesiones pueden ser obstáculos para el buen desarrollo de gametos, ya que el reproductor emplea energía en la reparación de sus lesiones; esto pudo ocurrir con los machos, ya que algunos presentaban desarrollo gonadal lento y el caparazón con lesiones . Brown (1980) menciona que las poblaciones mexicanas de Penaeus stylirostris necesitan mudar al menos dos o tres veces antes de madurar y desovar, debido a las lesiones en su exoesqueleto.

Además del poco espacio disponible para el cortejo, otro factor que pudo influir en la ausencia de fertilización de las hembras fué que aún y cuando todos los machos presentaron desarrollo gonadal; en algunos casos presentaban espermatóforos muy pequeños o de color café y necrosados. Los camarones con ámpulas terminales melanizadas generalmente no expelen el espermatóforo

(Sandifer et al., 1984); lo cual sugiere que a pesar de presentar una talla adecuada y desarrollo gonadal, no todos los machos adultos pueden ser buenos reproductores cuando su condición física no es óptima.

El hecho de que la ausencia de espermátforo adherido no influyera en el desove de ovulos coincide con lo observado por Lumare (1981) y con las observaciones de otros autores que mencionan la ocurrencia de desoves de hembras maduras que no se aparearon previamente (Conte et al., 1977; Brown et al., 1979; Lawrence et al., 1980; Chamberlain y Gervais, 1984); lo cual comprueba que el desove es consecuencia de la madurez gonadal y no del apareamiento o tipo de inseminación llevado a cabo.

En 140 días de experimento, las hembras del grupo I produjeron en promedio un total de 1.3 desoves/mes y las hembras del grupo II 1.2 desoves/mes. En ningún caso se presentó mas de un desove en cada ciclo intermuda. Aquacop (1983) reporta organismos que han desovado hasta cuatro veces en los intervalos entre una muda y la siguiente.

El número promedio de huevos desovados por los

organismos de ambos tratamientos fué de 140,000 huevecillos/desove/hembra; dicho valor está dentro del rango reportado por Aquacop (1979, 1983) para P. stylirostris de 100,000 a 350,000 huevecillos/desove/hembra; aunque son valores bajos comparados con los datos que reportan Brown Jr. et al. (1980) de 397,000 huev./des./hembra para P. stylirostris de Costa Rica y de 389,000 huev./des./hembra para la misma especie en México. Según Aquacop (1979), el número de huevos desovados de P. stylirostris varía de acuerdo a la talla, siendo de 100,000 a 250,000 para individuos de 60 a 80 gramos y de 70,000 a 100,000 para individuos de 30 a 40 gramos. Chamberlain (1985), afirma que el éxito en las instalaciones de reproducción depende de la disponibilidad regular de sementales sanos y grandes (40 a 60 gramos de peso inicial) por su parte, Otagalli et al. (1988) mencionan un mínimo de 35 gramos de peso inicial de hembras de esta especie para asegurar un porcentaje máximo de respuesta reproductiva. Los organismos utilizados pesaron entre 25 y 30 gramos al inicio del experimento por lo que, tomando en cuenta lo anterior, el resultado en número de huevecillos desovados es bueno.

No se observaron tendencias de disminución en la cantidad de huevos de desoves consecutivos en una hembra determinada. En este sentido, Browdy y Samocha (1985) encontraron para *P. semisulcatus* un ritmo acelerado en la producción de huevos de hembras ablacionadas, que se mantuvo durante un período experimental de 85 días, aparentemente sin decremento a largo plazo en la tasa de producción de huevos; sin embargo, Sandifer et al. (1984) sugieren que el incremento en la demanda bioenergética causado por los desoves consecutivos inducidos fuera de temporada, se reflejó en la disminución del volumen promedio de los huevecillos desovados; y quizás también en el decremento aparente del crecimiento, aunque no encontraron efecto en la calidad de los huevecillos.

En consecuencia, es conveniente revisar el aspecto de la continuidad en la calidad y en la cantidad de huevecillos desovados cuando se pretenda realizar producciones de larva a gran escala; asegurando mediante una nutrición adecuada que el incremento en la demanda bioenergética será satisfecho.

El desgaste de los reproductores se reflejó a lo largo

del experimento en su aspecto físico. Presentaban manchas negras y escoriaciones en el caparazón; en algunos casos se observaron, casi al final del experimento coloraciones rojas y pardas en las branquias de las hembras. Estas lesiones se corrigen por lo general disminuyendo el manipuleo de los organismos.

La sobrevivencia fué de 66.67% para las hembras del grupo I y 50% para las hembras del grupo II. Las que pertenecían al grupo control sobrevivieron en un 100%.

Las altas mortalidades presentadas en los grupos experimentales sugieren que la enucleación es un factor que provoca daños físicos irreversibles en los animales. Este, aunado a otros factores como la tensión fisiológica provocada por el manipuleo de los organismos enucleados, al deterioro físico causado por los choques de los organismos, y al tamaño inicial de los reproductores (entre 25 y 30 gramos cada uno); pueden haber sido causantes en conjunto de la muerte prematura de algunos organismos.

El grupo Aquacop (1979) encontró para una población de *P. stylirostris* que la ablación dió como resultado madurez

gonadal más rápida y numerosa, pero también una vida más corta. También Chamberlain y Lawrence (1981b) mencionan que la única desventaja de la ablación en hembras fué alguna disminución en la tasa de sobrevivencia.

Si tomamos en cuenta que, después del desove las hembras ablacionadas reinician la maduración ovárica y desovan con mayor frecuencia, bajo condiciones no óptimas que las no operadas; puede considerarse que este ritmo más rápido agota las reservas nutritivas de las hembras y es probablemente responsable parcial de las bajas tasas de sobrevivencia de aquellas (Chamberlain, 1985). Al respecto, Emerson (1980) sugiere que en caso de *P. indicus* este problema puede mitigarse mediante nutrición apropiada.

Debido a que no se encontraron diferencias significativas entre los grupos I y II y el control con respecto a los incrementos de peso, suponemos que el crecimiento de las hembras operadas no se vió afectado al compararlo con el crecimiento de las hembras del grupo control.

Por los resultados expuestos anteriormente, resumimos

que la ablación presenta la desventaja de aumento en la tasa de mortalidad de los organismos y, de hecho el sacrificio obligado de estos al final del ciclo reproductivo; sin embargo es hasta el momento el único método que asegura el desarrollo gonadal en hembras de P. stylirostris en épocas no reproductivas.

La diversidad de trabajos que apoyan el uso de la ablación y de aquellos que se pronuncian en su contra es muy amplia; sería pues prematuro tratar de evaluar las ventajas potenciales del control de la reproducción mediante la ablación unilateral contra la manipulación ambiental:

La ventaja de métodos como el control de temperatura, el fotoperíodo (Chamberlain y Gervais, 1984) y las variaciones en la intensidad o el espectro luminoso (Herman, 1962; Segal, 1970; Goldsmith, 1972) es que la manipulación de los camarones es menor, y su deterioro físico disminuye notablemente. Lo anterior previene que el stock de reproductores pueda manejarse durante más tiempo. Pero no siempre los resultados de maduración tienen el 100% de efectividad.

La alternativa a elegir por cada investigador dependerá del grado de incertidumbre que esté dispuesto a correr en cuanto a la respuesta reproductiva de los organismos.

## 6.-CONCLUSIONES

Las hembras de Penaeus stylirostris presentaron un respuesta favorable a la inducción a la madurez gonadal mediante enucleación.

No se encontraron diferencias significativas entre las respuestas a la inducción al desarrollo ovárico de hembras operadas en el octavo día a partir de la etapa ecdisis de la muda, comparadas con aquellas operadas en el décimo día a partir de dicha etapa. Solamente se encontraron diferencias con una significancia del 5% para el número de huevecillos por hembra.

Se observó mayor mortalidad en las hembras que fueron operadas comparadas con las del grupo control.

## 7. RECOMENDACIONES

Es recomendable utilizar la enucleación en hembras de *P. stylirostris* con el fin de asegurar una respuesta hacia la inducción de madurez; evitando así la incertidumbre de los resultados que se obtienen mediante inducción ambiental y dietética.

No obstante, se sugiere que en análisis posteriores no se operen organismos antes del octavo día, ya que las hembras del grupo II fueron las que mostraron durante todo el experimento, más signos de deterioro físico.

Se requieren análisis sobre la combinación de variables ambientales y una dieta apropiada como opción futura para la reproducción del camarón en cautiverio, de manera que se evite la tensión fisiológica producida por el manipuleo inherente a las operaciones y el marcado de los organismos.

Una alternativa para asegurar el abastecimiento de larva a Escala Comercial, es la producción en cautiverio de generaciones cuyo ciclo biológico se altere artificialmente

desde la producción del huevo; mediante el control de variables ambientales (temperatura del agua, fotoperíodo, intensidad y calidad de luz). Para los organismos así tratados, la época de reproducción sería opuesta a la de poblaciones silvestres y se trabaja en la producción de larva durante todo el año.

## 8.LITERATURA CITADA

**Adiyodi**, K.G. y R.G. Adiyodi, 1970. Endocrine control of reproduction in decapod crustacea. Biol. Rev. 45:121-165.

**Aquacop**, 1975. Maturation and spawning in captivity of penaeid prawns: Penaeus merguensis de Man, P. japonicus Bate, P. aztecus Ives, Metapenaeus ensis de Haan and P. semisulcatus de Haan. Proc. World Maric. Soc. 6:123-132.

**Aquacop**, 1977a. Observations sur la maturation et la reproduction en captivité des crevettes Pénéides en milieu tropical. Third Meeting of the I.C.E.S. Working Group on Mariculture. Brest, France. May 10-13, Actes de Colloques du CNEOX 4:157-178.

**Aquacop**, 1977b. Observations on diseases of crustacean cultures in Polynesia. Proceedings World Mariculture Society 8:685-703.

**Aquacop**, 1979. Penaeid reared broodstock: closing the cycle of P. monodon, P. stylirostris and P. vannamei. Proc. World Maric. Soc. 10:445-452.

**Aguacop**, 1983. Constitution of broodstock, maturation, spawning and hatching systems for penaeid shrimps in the Centre Oceanologique du Pacifique. HANDBOOK OF MARICULTURE Vol I Crustacean Aquaculture. Edit. CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida E.U.A. pgs. 105-121.

**Arnstein**, D.R. y **Beard**, T.W., 1975. Induced maturation of prawn Penaeus orientalis Kishinouyi in the laboratory by means of eyestalk removal. *Aquaculture*, 5:411-412.

**Barnes**, R.D., 1977. ZOOLOGIA DE LOS INVERTEBRADOS. Segunda edición. Nueva Editorial Interamericana. México.

**Bentancourt-Villa**, I.G., 1989. Pruebas de Inducción al desarrollo ovárico de Penaeus stylirostris (Stimpson) bajo fotoperiodo y la técnica de enucleación. Tesis de la Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. México.

**Bliss**, D.E., 1966. Relation between reproduction and growth in decapod crustaceans. *Am Zool.*, 6:231-233.

**Bomirski**, A., **K.M. Arendarczy**, **E. Kawinska** y **L.H. Kleinholz**, 1981. Partial characterization of crustacean

gonad-inhibiting hormone. Int. J. Invert. Reprod. 3:213-219.

**Browdy, C.L. y T.M. Samocha, 1985.** The effect of eyestalk ablation on spawning, molting and mating of Penaeus semisulcatus de Haan. Aquaculture 49:19-29.

**Brown, A. Jr., J. McVey, B.S. Middleditch y A.L. Lawrence, 1979.** Maturation of white shrimp (Penaeus setiferus) in captivity. Proceedings World Mariculture Society 10:435-444.

**Brown, A. Jr., J.P. McVey, B.M. Scott, T.D. Williams, B.S. Middleditch y A.L. Lawrence, 1980.** The maturation and spawning of Penaeus stylirostris under controlled laboratory conditions. Proc. World Maric. Soc. 11:488-499.

**Chamberlain, G.W., 1985.** TEXAS SHRIMP FARMING MANUAL  
AN UPDATE ON CURRENT TECHNOLOGY. Agricultural Extension Service. Corpus Christi, TX E.U.

**Chamberlain, G.W., y Gervais, N.F., 1984.** Comparison of unilateral eyestalk ablation with environmental control for

ovarian maturation of Penaeus stylirostris. J. World Maricul. Soc. 15:29-30.

**Chamberlain**, G.W. y A.L. Lawrence, 1981a. Maturation, reproduction and growth of Penaeus vannamei and P. stylirostris, fed natural diets. Journal World Maric. Soc. 12(1):154-162.

**Chamberlain**, G.W. y A.L. Lawrence, 1981b. Effect of lighth intensity and male and female eyestalk ablation on reproduction of Penaeus stylirostris and P. vannamei. J. World Maricul. Soc. 12(2):357-372. CICTUS, 1977. Manual de cultivo del camarón. Universidad de Sonora. Bahía Kino, Sonora. México.

**Conte**, F.S., Duronslet, M.J., Clark, W.J. y Parker, J.C., 1977. Maturation of Penaeus stylirostris (Stimpson) and P. setiferus (Linn.) in hypersaline water near Corpus Christi, Texas. Proc. World Maricul. Soc., 8:327-334.

**Emmerson**, W.D., 1980. Induced maturation of prawn Penaeus indicus. Mar. Ecol. Prog. Ser., 2:121-131.

**Emmerson, W.D., D.P. Hayes y M. Ngonyame, 1983.** Growth and maturation of *P. indicus* under blue and green light. *S. Afr. J. Zool.*, 18:71-75.

**Goldsmith, T.H., 1972.** The natural history of invertebrate visual pigments. En: H.J.A. Dartnell (Editor), *Handbook of Sensory Physiology VII/I*. Springer-Verlag, Baerlin, pp. 685-719.

**Herman, S.S., 1962.** Spectral sensitivity and phototaxis in the opossum shrimp, *Neomysis americana* Smith. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Wood's Hole*, 123: 562-570.

**Kelemec, J.A. y Smith, I.R., 1980.** Induced ovarian development and spawning of *Penaeus plebejus* in a recirculating laboratory tank after unilateral eyestalk enucleation. *Aquacult.*, 21:55-62.

**King, J.E., 1948.** A study of the reproductive organs of the common marine shrimp, *Penaeus setiferus* (Linnaeus). *Biol. Bull., Wood's Hole*, 94(3):244-262.

**Lawrence, A.L. 1984.** Marine shrimp culture in the western

hemisphere. Second Australian National Prawn Seminar  
11:327-336.

**Lawrence**, A.L., D. Ward, S. Missler, A. Brown, J. McVey y  
B.S. Middleditch, 1979. Organ indices and biochemical  
levels of ova from penaeid shrimp maintained in captivity  
versus those captured in the wild. Proc. World Maric. Soc.  
10:453-463.

**Lawrence**, A.L., N.P. McVey y J.V. Huner, 1985. Penaeid  
shrimp culture. Reprinted from CRUSTACEAN AND MOLLUSK  
AQUACULTURE IN THE UNITED STATES. AVI Publishing Co. Inc.

**Liao**, I-Ch. y Yi-P. Chen, 1983. Maturation and spawning of  
penaeid prawns in Tungkang Marine Laboratory, Taiwan.  
HANDBOOK OF MARICULTURE Vol I Crustacean Aquaculture. Edit.  
CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida E.U.A. pags. 155-160.

**Lumare**, F., 1981. Artificial reproduction of Penaeus  
japonicus Bate as a basis for the mass production of eggs  
and larvae. J. World Maricul. Soc., 12(2):335-344.

**Malek**, S.R.A., y Bawab, F.M., 1974. The formation of the

spermatophore in Penaeus kerathurus (Forsk., 1775) (Decapoda, Penaeidae) I. The initial formation of a sperm mass. *Crustaceana*, 26(3):273-285.

**Muthu**, M.S. y A. Laxminarayana, 1977. Induced maturation and spawning of Indian penaeid prawns. *Indian J. Fish.*, 24(1-2):172-180.

**Otogalli**, L.C., Galinie, D.G., 1988. Reproduction in captivity of Penaeus stylirostris over ten generation in New Caledonia. *J. Aqua. Trop.*, 3:111-125.

**Otsu**, T., 1963. Bihormonal control of sexual cycle in the freshwater crab, Potamon dehaani. *Embryology* 8:1-20.

**Pardy**, Ch.R., Griffin, W.L., Johns, M.A. y Lawrence, A.L., 1983. A preliminary economic analysis of stocking strategies for penaeid shrimp culture. *J. World Maricul. Soc.* 14:49-63.

**Primavera**, J.H., 1978. Induced maturation and spawning in five-month-old Penaeus monodon Fabricius by eyestalk ablation. *Aquaculture* 13:355-359.

**Ramirez-Wong, B.** 1983. Optimización de las condiciones de cultivo para aumentar la producción de camarón (Penaeus stylirostris). Tesis de maestría. CINVESTAV-IPN. México, D.F. 134pp.

**Robertson, L., Bray, W., Leung-Trujillo, J., Lawrence, A.L.,** 1987. Practical mlt staging of Penaeus setiferus and P. stylirostris. Journal of the World Aquaculture Society. vol. 18(3).

**Sadeh, A. W. Griffin, M. Johns y A.L. Lawrence,** 1983. A preliminary economic analysis of polyculture in shrimp ponds. Proceedings First International Biennial Conference on Warmwater Aquaculture-Crustacea. **Sandifer, P.A., Lawrence, A.L., Harris, S.G., Chamberlain, G.W., Stokes, A.D. y Bray, W.A.,** 1984. Electrical stimulation of spermatophore expulsion in marine shrimp, Penaeus stylirostris. Aquaculture, 41:181-187.

**Segal, E.,** 1970. Ligth: animals-invertebrates. En: Otto Kinne (Editor), Marine Ecology, Vol. I, Part I, Environmental Factors. Wiley Interscience, London, pp. 159-211.

**SEPESCA**, 1987. PROGRAMA NACIONAL DE CULTIVO DE CAMARON. PROYECTO NACIONAL Y EXPRESION ESTATAL. Dirección General de Acuacultura. México, D.F.

**Sevilla**, M.L., 1983. Biología Pesquera. Ed. Continental. México.

**Wear**, R.G. y **Santiago**, A., Jr., 1976. Induction of maturity and spawning in Penaeus monodon Fabricius, 1978, by unilateral eyestalk ablation (Decapoda: Natantia). Crustaceanana, 31(2): 218-220.