

131
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS



**Efecto de la inclusión de adultos de *Artemia franciscana*
sobre la composición bioquímica de hembras en maduración
del camarón blanco *Penaeus setiferus*.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

MAURICIO JAVIER

ORELLANA BUENROSTRO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D.F.

OCTUBRE-1993



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 está 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.

INDICE

RESUMEN.....	2
INTRODUCCION.....	3
MATERIAL Y METODO.....	7
RESULTADOS.....	12
DISCUSION.....	23
CONCLUSIONES.....	33
ANEXO I.....	34
BIBLIOGRAFIA.....	35

RESUMEN

En el presente estudio se investigaron los efectos de la inclusión de *Artemia franciscana* en la dieta de hembras parcialmente ooclectomizadas de *Penaeus setiferus* sobre el perfil bioquímico de las gónadas, músculo, hepatopancreas y hemolinfa durante la maduración sexual.

El ciclo de cultivo de *Artemia* duró 10 días durante los cuales se les alimentó con *Spirulina maxima* seca. Las hembras de *P. setiferus* con 5 días de aclimatación se alimentaron con diferentes proporciones de *Artemia* en la dieta (5, 10 y 15%). El resto del alimento consistió en partes iguales de calamar (*Loligo sp*), ostión (*Crasostrea virginica*) y oligochaeto (*Pontodrilus bermudensis*). Se consideró como grupo testigo a aquellos organismos alimentados solo con la mezcla de alimento fresco.

El perfil bioquímico se obtuvo al cuantificar las concentraciones de lípidos, proteínas y carbohidratos en los tejidos mencionados y en función de los estadios de maduración sexual de los camarones peneidos (II, III y IV).

Los resultados demuestran que existe una acumulación progresiva de los lípidos y proteínas en las gónadas en relación a los estadios de maduración con los valores máximos en el estadio III. La glucosa en la hemolinfa no presentó cambios substanciales a lo largo del proceso de maduración.

Se observó que la *Artemia* favoreció una asimilación directa de los lípidos al registrar el paso de éstos directamente hacia las gónadas desde el hepatopancreas. En contraste, el alimento fresco promovió primero una transformación y almacenamiento de lípidos y proteínas en músculo y hepatopancreas previo a su utilización como material sexual.

Estos resultados se discuten sobre el posible papel de la *Artemia* en el aporte de lípidos más fácilmente asimilables en camarón, de las proteínas como material necesario durante la ovogénesis y de los carbohidratos como material energético.

INTRODUCCION

La acuicultura en la actualidad se ha convertido en una alternativa exitosa para la producción de organismos acuáticos. Su objetivo principal es el de producir alimentos de alto valor nutricional y/o de alto valor comercial. En términos globales, los Peneidos son los Crustáceos mas importantes y extensamente cultivados (Shiau y Peng, 1992). Mundialmente este recurso pesquero desempeña un importante papel en la economía de varios países que no sólo se han dedicado a su explotación natural, sino que han desarrollado diferentes metodologías para su cultivo y manipulación en cautiverio (Oliva, 1989; Martínez y De la Cruz, 1984). A pesar de esto, existe la necesidad de mejorar la eficiencia y la predictibilidad de todas las fases de los procedimientos utilizados en el cultivo de camarones (Lawrence, 1979).

Penaeus setiferus es una especie del Golfo de México cuya distribución abarca desde la costa Atlántica Norte de los Estados Unidos hasta el Noreste de la península de Yucatan. Esta es la especie comercial mas importante del Golfo, siendo su principal zona de captura en nuestro país, la llamada Sonda de Campeche (Brown *et al.*, 1979, Pérez, 1973). Dentro de las especies de camarones indígenas en la región, *P. setiferus* se ha reportado como la especie mejor capacitada para el cultivo en cautiverio (Lawrence *et al.*, 1980, Brown *et al.*, 1979). Por estas razones es de suma importancia enfocar la atención al estudio de los aspectos de la especie dado que en la costa Atlántica de México se cuenta con áreas adecuadas para su producción lo que permitirá evitar importar especies alóctonas, como es el caso del camarón blanco del Pacífico *P. vannamei*.

Numerosas investigaciones se han realizado en diversas especies del género *Penaeus*, así como en otros crustáceos, respecto a dos eventos fisiológicos de gran importancia en la vida de estos organismos: la muda y la reproducción. El conocimiento de los mecanismos involucrados en estos procesos ha permitido adecuar las condiciones de cultivo que promueven su máxima producción. En este sentido la reproducción es un suceso particularmente importante pues es a través de éste que se garantiza el abastecimiento de postlarvas para la engorda. En la medida

en la que se pueda asegurar una producción óptima de éstas se podrán reducir costos y mejorar la rentabilidad del cultivo (Oliva 1989, Yano, *et al*, 1988; Lachaise *et al*, 1992 y Lawrence, 1979).

Entre los factores importantes que determinan el éxito del cultivo de los camarones peneidos, se encuentra el tipo de alimento, tema que se ha limitado a la investigación de dietas balanceadas adecuadas para la acuicultura principalmente (Dall y Moriarty, 1983).

De acuerdo con algunos autores la naturaleza de las dietas utilizadas en camarones es importante ya que determina el éxito en la inducción de la maduración en ambientes controlados y representa uno de los parámetros más importantes sobre los cambios bioquímicos de los órganos y tejidos involucrados en dichos eventos. El aprovechamiento de la energía obtenida de diferentes nutrientes provenientes del alimento afecta directamente la calidad de los huevos durante el desove, la fecundación, la eclosión y las primeras fases de desarrollo (Teshima *et al*, 1989, Clifford y Brick, 1983, Ramos y Fernandez 1981; Nacimiento, *et al*, 1991 y Ramos y Fernandez, 1984). Los principales nutrientes que forman parte de la dinámica bioquímica de la maduración son las proteínas, los lípidos y los carbohidratos (Clifford y Brick, 1983 y Ramos y Fernandez 1981). A este respecto se ha reportado que los carbohidratos de la dieta son elementos fundamentales principalmente como substrato oxidativo en la producción de energía y como constituyentes estructurales principalmente en los procesos de la muda (Ramos y Fernandez, 1981 y Barclay *et al*, 1983). Igualmente se ha reportado que las proteínas son nutrientes esenciales para los camarones (Shiau y Peng, 1992), como factores necesarios para el crecimiento (Deshimaru y Kuroki, 1975) o como aminoácidos libres fundamentales en los mecanismos de osmorregulación principalmente (Claybrook, 1983). Durante la maduración, las proteínas se emplean en la síntesis de la vitelogenina, precursora de las lipoproteínas presentes en el vitelo de los ovocitos. Las lipoproteínas juegan un papel importante como constituyentes celulares y como fuente de energía en los procesos de desove, embriogénesis, eclosión y desarrollo temprano de las larvas de los crustáceos (Mourente y Rodríguez, 1991).

Así mismo numerosas investigaciones han señalado a los lípidos como el componente esencial para la promoción de la maduración gonádica en peneidos ya que desde el punto de vista

bioquímico, juegan un papel importante tanto como componentes estructurales a nivel de las membranas celulares así como de sustancias de reserva. Esta última función tiene relevancia ya que los lípidos forman parte del vitelo del cual se nutren las larvas durante su desarrollo primario, desde el embrión hasta nauplio (Mourente y Rodríguez, 1991). Por esta razón Ramos y García (1992) y Middleditch, *et al* (1980) han propuesto el uso de alimento fresco con altos niveles de lípidos en la dieta durante la maduración de los reproductores para promover la maduración gonadal. Tomando en cuenta los altos contenidos principalmente de lípidos y proteínas, la *Artemia* es un candidato que puede ser considerado como alimento para la maduración de camarones en cautiverio (Webster y Lovell, 1991).

La maduración puede ser evaluada con base en cambios bioquímicos tales como la variación en la concentración de diferentes sustancias en los sitios de intensa síntesis durante la gametogénesis (Castille y Lawrence, 1989). Hay diversos órganos o tejidos reconocidos como los más activos durante este proceso: el ovario, el hepatopáncreas y la hemolinfa. Los estudios metabólicos han resaltado las notables variaciones a las que está sujeto el metabolismo vinculado a estos órganos (Oliva, 1989). Adicionalmente como lo propone Dall (1981), el músculo es un tejido que pudiera ser una fuente importante de energía durante este proceso. De esta manera, la determinación del peso y cambios bioquímicos de los órganos involucrados en la reproducción y de los huevos para muchas especies, ha incrementado el entendimiento de su reproducción (Lawrence, 1979).

En la mayoría de las ocasiones los cambios bioquímicos en los tejidos mencionados han registrado aumentos en la concentración de lípidos y de proteínas en el ovario con respecto al estado de maduración (Ramos y Fernández, 1984; King, 1948 y Castille y Lawrence 1989). Este incremento está relacionado con una disminución en la concentración de los lípidos totales en el hepatopáncreas (Mourente y Rodríguez, 1981; Teshima *et al.* 1989; Castille y Lawrence, 1989) y con el transporte de proteínas entre dichos tejidos (Gise, 1966; Castille y Lawrence, 1989; Fanzibler *et al.*, 1992; Lui *et al.*, 1976 y Oliva *et al.*, 1990). Con respecto a los carbohidratos, los estudios se han enfocado principalmente al uso del glucógeno como sustrato oxidativo de reserva en relación

al ciclo de la muda (Winget, 1977; Chan *et al*, 1988 y Dall *et al*, 1992) y a las variaciones de la glucosa en relación con la estacionalidad (Lynch y Webb, 1973). Con respecto a la maduración gonádica generalmente el estudio del glucógeno se plantea como un parámetro complementario (Ramos y Fernández, 1981 y Castille y Lawrence, 1989).

En general el transporte de nutrientes durante la maduración tiene como función proporcionar a través del huevo las proteínas, carbohidratos y lípidos necesarios para el embrión y posteriormente en mayor o menor grado a los nauplios (Tom *et al*, 1992).

Por esta razón y en consideración de la necesidad de contar con las bases bioquímicas y fisiológicas así como con la de la elaboración de una tecnología para la maduración de ésta especie, en éste estudio se determinaron los cambios en la composición bioquímica de hembras en maduración del Camarón Blanco *Penaeus setiferus* producidos por los diferentes niveles de inclusión en la dieta de adultos de *Artemia franciscana*. Para esto se determinaron las concentraciones de lípidos totales y proteína totales en el hepatopancreas, músculo, gónada y hemolinfa así como la determinación de la concentración de glucosa en la hemolinfa, de los diferentes estadios de maduración de las hembras considerando el consumo de oxígeno en el hepatopancreas como indicador del uso de la energía obtenida en el alimento.

MATERIALES Y METODOS

Las hembras se capturaron en la Laguna de Términos, que esta situada en el litoral del Suroeste del Golfo de México a 91° 51' de longitud W y 18° 27' de latitud N en el Estado de Campeche, México (Yañez, 1963). Debido a las características de la laguna, la captura se realizó a una profundidad máxima de 4 m con una red de tipo trasmallo con apertura de malla de 1 3/4 de pulgada. Una vez capturados, los organismos se colocaron en bolsas de polietileno con agua del medio saturada de oxígeno y a baja temperatura con el fin de disminuir su metabolismo y abatir el estrés producido el traslado y la manipulación.

Una vez que los animales llegaron al laboratorio, se mantuvieron durante un lapso de 24 horas en un tanque de 1200 l. para posteriormente ser trasladados a cuatro tanques de 500 l de color negro con sistema de circulación de agua de mar filtrada, con aireación constante y con un recambio del 200% diario (Brown, *et al*, 1979).

En cada uno de estos tanques se colocó un lote con 7 individuos seleccionados al azar los cuales fueron expuestos a un gradiente de iluminación con fotoperiodo de 14 horas de luz por 10 horas de obscuridad. La intensidad de la luz a lo largo del gradiente fue regulada mediante una combinación de focos de la siguiente manera : de 4 a 5 hrs. 30 lux ; de 5 a 6 hrs. 60 lux; de 6 a 16 hrs. entre 90 y 150 lux; de 16 a 17 hrs. 60 lux y de 17 a 18 hrs. 30 lux (Chen *et al* 1991; Ramos y García, 1992).

A todos los organismos de los tanques se les realizó la oculotomía unilateral parcial. Esta se hizo de acuerdo a la técnica de Primavera (1978) para *P. monodon* y de Ramos y Gonzalez (1983) para *P. notialis*, que consiste en anudar la base del pedúnculo con un hilo fino. Posteriormente se realizó una escisión en el globo ocular, a través del cual se exudó el contenido del ojo y del pedúnculo ocular. Cada una de las hembras ablacionadas fue marcada con uno o dos anillos de diferentes colores para facilitar su identificación.

Diariamente se realizaron revisiones de las hembras con el fin de determinar los estadios de maduración en los que se encontraban. Los estadios utilizados fueron el II o maduración temprana, el III o maduración tardía y el IV o maduración total. La determinación macroscópica de los estadios se realizó de acuerdo con las bases propuestas por Saldaña (1992), Castille y Lawrence (1989) y King (1948), éstas básicamente consiste en la evaluación del tamaño y la coloración del ovario (Anexo I).

Los animales de cada tanque experimental se alimentaron con diferentes dietas. La base del alimento fue una mezcla de alimento fresco consistente en partes iguales de ostión (*Crassostea virginica*), calamar (*Loligo sp*) y oligochaeto (*Pontodrilus bermudensis*) (Lawrence *et al*, 1980; Brown, *et al*, 1979; Andrade *et al* 1991; Ramos y García, 1992; Ramos *et al*, 1987). La concentración total tanto de proteínas como de lípidos del alimento fresco fue del 47.4% y 14.7% del peso fresco respectivamente (León, 1993).

Para la alimentación con *Artemia* se utilizaron adultos de *Artemia franciscana* (ARGENTEMIA^R). Los quistes de la *Artemia* fueron decapsulados con una solución de hipoclorito de sodio al 2% y posteriormente lavados y llevados a un recipiente con agua de mar (S%0=35ppm, pH=8-8.5 y T=27-29°C) con una iluminación constante de 1000 lux hasta la eclosión aproximadamente 24-30 horas después de la siembra. Los nauplios fueron colocados en tanques cónicos de color blanco de 200 l realizándosele un recambio diario del 50%. Estos, fueron alimentados con *Spirulina maxima* seca hasta llegar a adultos El alimento de la *Artemia* se administró a razón de 0.01 mg por organismo dividido en dos tomas diarias. La cosecha de los adultos se realizó a partir del décimo día de la siembra de los nauplios. En base a las técnicas de análisis que mas adelante serán tratadas, se obtuvo la concentración tanto de proteínas como de lípidos en la *Artemia* adulta. En base a esto se encontro un 60% de proteínas y un 13% de lípidos. Se utilizaron 4 tratamientos alimenticios distintos, el primero de ellos al que se le denominó como control y en el cual se administro solo alimento fresco; al segundo se le administro un 5% de *Artemia* y 95% de alimento fresco; al tercero se le administró un 10% de *Artemia* y 90% de alimento fresco y por último, el cuarto tratamiento consistió de 15% de *Artemia* y 85% de

alimento fresco. Cada uno de los tratamientos fue dividido en 4 raciones para su administración. Estas se estimaron en base al promedio del peso de los camarones por tanque. La cantidad de alimento diaria fue igual al 20% de la biomasa total de camarones por tanque. Las raciones diarias se administraron a las 8, 12, 16 y 20 horas.

En la Tabla 1 se presentan las proporciones de inclusión de *Artemia* y de alimento fresco de acuerdo con el diseño experimental utilizado así como la concentración tanto de proteínas como de lípidos incluidos en la dieta, siendo estas últimas prácticamente isoprotéicas e isolipídicas.

Tabla 1. Porcentaje y gramos de *Artemia franciscana* y alimento fresco (AF) administrados en la dieta en base al peso promedio (P) de las hembras por tratamiento, así como la concentración de lípidos y proteínas para cada uno.

Tratamiento		Artemia	AF	Total
Control (P=35.14)	%/Ración	--	2.5	100
	Gramos	--	6.14	24.56
	Lípidos(%)	--	13	13
	Proteínas(%)	--	60	60
5% (P=32.56)	%/Ración	5	31.6	100
	Gramos	3.57	7.23	25.26
	Lípidos(%)	0.73	12.35	13.03
	Proteínas(%)	2.73	57	59.73
10% (P=34.39)	%/Ración	10	30	100
	Gramos	2.38	7.23	24.07
	Lípidos(%)	1.47	11.7	13.17
	Proteínas(%)	4.74	54	58.74
15% (P=33.98)	%/Ración	15	28.3	100
	Gramos	3.57	6.72	23.73
	Lípidos(%)	2.2	11.05	13.25
	Proteínas(%)	7.11	51	58.11

La ración fue ajustada en base al número de animales que permanecieron en los tanques una vez iniciada la fase experimental. Este ajuste se realizó restando de la biomasa total del tanque, el peso promedio por hembra sacrificada en cada análisis.

Para evaluar la calidad del agua, diariamente, por la mañana y por la tarde, se midió la temperatura, la salinidad, el pH, el oxígeno disuelto y el número de organismos que mudaron. El nivel de amonio fue medido semanalmente.

La alimentación se maneja en dos períodos, el primero que tuvo una duración de cinco días y cuya intención fue la de dejar que los nutrientes proporcionadas en la dieta por vía de la *Artemia* fueran metabolizadas y transportadas por el organismo. En un segundo período iniciado a partir del quinto día, se comenzaron a tomar las hembras para la experimentación.

El perfil bioquímico de las hembras se obtuvo a partir del análisis de los lípidos y de las proteínas en hepatopaneas, músculo y gónada.. Así mismo se analizaron la glucosa, los lípidos y las proteínas en la hemolinfa de los camarones durante la maduración en cada tratamiento. Para estos análisis se tomaron en consideración los resultados obtenidos por Vazquez, *et al* (1985) y Dean y Varnberg (1965), con respecto al ciclo circadiano de las proteínas y la glucosa por lo que la fase experimental se programó con base en uno de los ciclos medios que abarcó un período comprendido entre las 8 y las 14 horas.

El hepatopaneas fue extraído completo con el fin de determinar el índice hepatosomático (IH = peso húmedo del hepatopaneas/ peso húmedo total del organismo * 100), posteriormente fue cortado en tres secciones; dos de ellas fueron utilizadas para el análisis tanto de proteínas como de lípidos y la tercera fue utilizada para la determinación del consumo de oxígeno (Mourete y Rodríguez, 1991 y Teshima y Kanazawa, 1983)).

Las gónadas se extrajeron en su totalidad para determinar el índice gonadosomático (IG = peso húmedo del ovario/ peso húmedo total del organismo * 100). De éstas se disecó la porción anterior localizada en el cefalotórax para el análisis bioquímico y fue cortada en dos porciones para su tratamiento posteriormente (Mourete y Rodríguez, 1991; Quintino y Millamena, 1992; Kulkarni y Nagabhushanam, 1979; King, 1948; Oliva *et al*, 1989 y Teshima y Kanazawa, 1983).

El músculo se obtuvo cortando la región infero-anterior del primer segmento del pleón. La porción obtenida fue cortada en dos partes para los dos diferentes análisis (Oliva *et al*, 1989 y Teshima y Kanazawa, 1983)).

La hemolinfa se obtuvo directamente del corazón (Teshima y Kanazawa, 1983). Para esto se preparó una solución a saturación de oxalato de amonio para ser utilizada como anticoagulante.

Se tomaron 0.1 ml de dicha solución en una jeringa de 1.0 ml. y se inyectó la mitad del volumen directamente en el corazón e inmediatamente se comenzó a extraer la hemolinfa. Una vez obtenida, fue dividida en tres tubos de ensaye para su análisis posterior.

La glucosa en hemolinfa fue analizada con un agente para diagnóstico de la marca MERK (740393).

Las proteínas se extrajeron mediante la homogenización del tejido (Scopes, 1982) con solución fisiológica (Prosser, 1991) y para su análisis se empleó un equipo para la determinación de proteínas totales MERK (3327) basado en la técnica de Biuret.

En el caso de los lípidos para el análisis se utilizó la técnica de extracción de tejidos basada en la utilización de isopropanol-hexano propuesta por Radin (1981) (Fairs *et al.*, 1990). El análisis se realizó con agentes para el diagnóstico clínico de lípidos totales de la marca BIOXON (520-N) basada en la técnica de la sulfovainillina (Vinagre y Da Silva, 1992, Dall, 1981)

Todos estos valores se calcularon con relación al contenido del órgano y con respecto al peso del animal (Castille y Lawrence, 1989)

El consumo de oxígeno del hepatopaneas se midió a partir de uno de los fragmentos obtenidos de la disección de este órgano dividido en dos partes. Los registros se realizaron en un microrespirometro con oxímetro de la marca Strathkelvin (781b) y las mediciones se efectuaron a intervalos de 30 segundos. Se utilizo una solución ringer como medio para mantener al fragmento del hepatopaneas en el respirómetro (Prosser, 1991).

Todos los resultados obtenidos fueron analizados mediante una prueba de ANVA de dos factores sin replica con un nivel de confiabilidad del 95% (Zar, 1974).

La fase experimental tuvo una duración de 18 días a partir del inicio de la administración del alimento. Durante éste período se tomaron los organismos necesarios dependiendo de su avance respecto a la maduración. Una vez terminada esta fase experimental, se tomaron los organismo faltantes para completar los datos necesarios de un experimento que se realizo paralelamente a este y bajo las mismas condiciones de manejo.

RESULTADOS

Desde el inicio de la fase experimental se comenzaron a registrar los parámetros ambientales los cuales no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los distintos tratamientos por lo que se promediaron los valores de cada uno de éstos. Así, la temperatura registró un valor medio de 27.6 °C con una máxima de 29 °C y mínima de 26 °C. La salinidad promedio obtenida durante este período fue de 36.3 ppt con un valor máximo de 37 ppt y mínimo de 36ppt. El pH promedio del agua a lo largo de la fase experimental fue de 8.2 con un valor máximo de 8.3 y mínimo de 8.1. Por su parte el oxígeno disuelto registrado fue de 5.94 mg/l como promedio y 7.0 mg/l y 5.0mg/l como valores máximo y mínimo respectivamente. Estos resultados se pueden observar en la Figura 1.

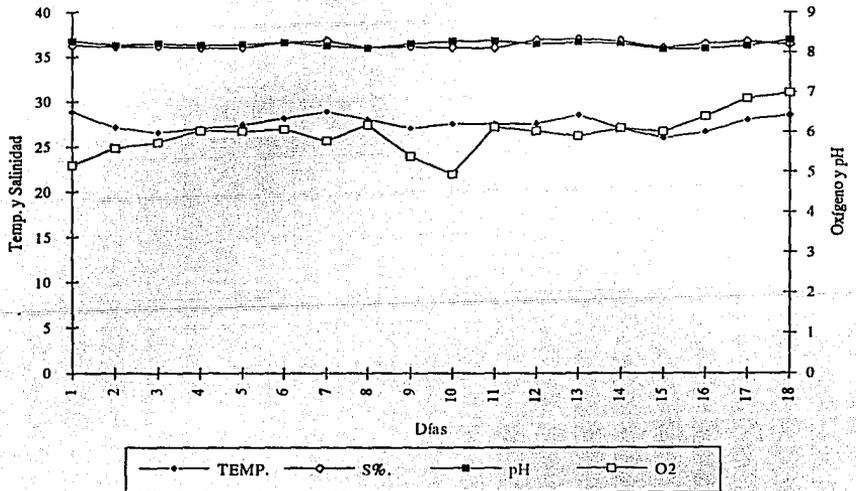


Figura 1. Promedio de parámetros ambientales registrados para los cuatro tanques.

La sobrevivencia y el número de mudas obtenidas durante el período experimental se muestran en la Tabla 2. Como se puede observar el mayor número de mudas se produjeron en el tratamiento al 15% y el menor en los tratamientos control y 10%. Aunque algunos camarones murieron durante el experimento, estos no fueron considerados para la cuantificación de la sobrevivencia. Esto se debió a que estas muertes fueron provocadas por uno de los anillos utilizados para el marcaje y no a causa del tratamiento experimental.

Tabla 2. Número de mudas y sobrevivencia para cada tratamiento

Tratam.	Mudas	Sobrevivencia	N
Control	5	100%	7
5%	7	100%	7
10%	5	100%	7
15%	8	100%	7

En la tabla 3 se pueden observar el número de organismos maduros obtenidos para cada tratamiento y para cada estadio, siendo el tratamiento con el 10% de inclusión de *Artemia* el que registró el mayor número, seguido del tanque control y por último, los tratamientos con 5 y 15 % de *Artemia*. Cabe mencionar el hecho de que se colectó un desove de una hembra en el tratamiento con 5%.

Tabla 3. Número de hembras analizadas por estadio de maduración (Desove*).

Tratam.	Estadío		
	II	III	IV
Control	2	1	1
5%	2	--	1*
10%	2	2	1
15%	2	1	--

El primer dato que se desprende de las determinaciones bioquímicas, es el de los índices corporales, el hepatosomático y el gonadosomático (Tabla 4). El índice hepatosomático (Figura 2) no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los distintos tratamientos. A pesar de

esto, se puede observar una clara tendencia hacia un incremento del estado II al III seguida de una baja en el índice entre los estados III y IV en los tratamientos control 5% y 15%. En 10% se observó un aumento constante de los índices entre los estados II y IV. En términos generales, los mayores valores obtenidos para éste índice son aquellos registrados para el tratamiento al 10%.

Tabla 4. Valores de los índices hepatosomáticos (I.H.) (% de peso húmedo) y gonadosomáticos (I.G.) (% de peso húmedo) para cada tratamiento y para cada estado.

Tratam.	Estado	I.H.	I.G.
Control	II	2.59	1.41
	III	4.03	5.67
	IV	3.25	7.16
5%	II	2.62	1.39
	III	3.39	3.76
	IV	2.75	7.91
10%	II	3.22	2.08
	III	3	6.64
	IV	3.99	9.35
15%	II	10.91	7.05
	III	13.62	19.77
	IV	12.74	32.33

De manera similar, el índice gonadosomático, presentó una tendencia muy marcada hacia el aumento entre los valores obtenidos entre los diferentes estados (Figura 3). A diferencia de los anteriores, los valores, en todos los casos después del estado III siguen aumentando. Una vez más el tratamiento con 10% de *Artemia* presentó los valores más altos.

Los valores de las concentraciones obtenidos para los diferentes nutrientes se pueden observar en la tabla 5.

La glucosa no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los distintos tratamientos y su comportamiento entre éstos y entre los diferentes estados es muy estable a excepción del paso entre estado II y III en el tratamiento con 10%. En este tratamiento en el estado II se observó un

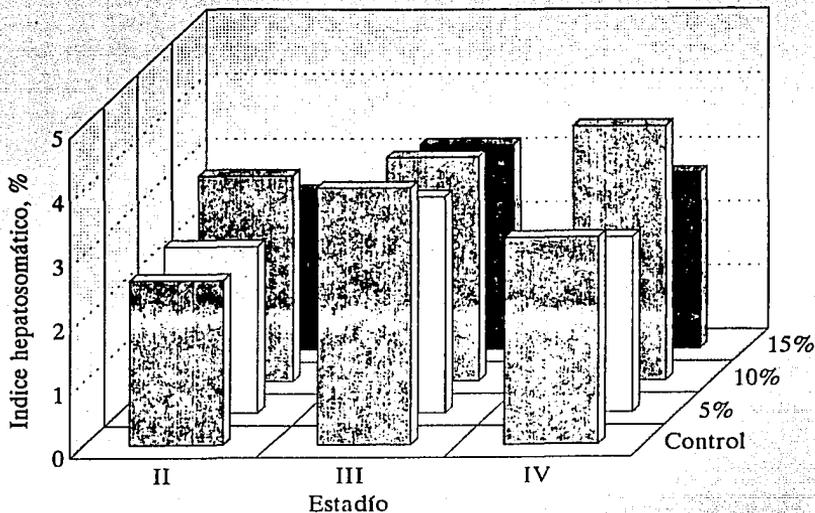


Figura 2. Variación del índice hepatosomático (% peso húmedo) por estadio para cada tratamiento.

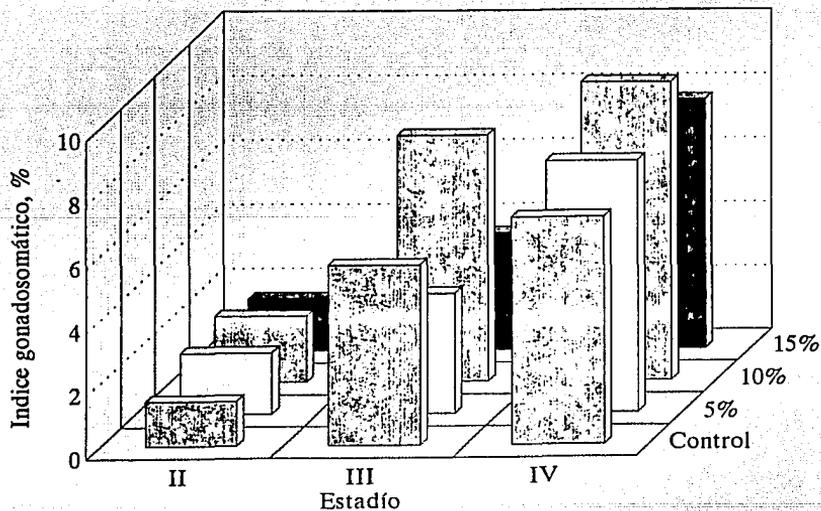


Figura 3. Variación del índice gonadosomático (% peso húmedo) por estadio para cada tratamiento.

del tratamiento con 5% presentaron valores de aproximadamente 220% por encima del estadio II (Figura 4).

Tabla 5. Concentración de proteínas PRO) (mg/g de animal), lípidos (LIP) (mg/g de animal) y glucosa (GLU) (mmol/l) por tratamiento y por estadio para cada uno de los tejidos analizados (HEP=hepatopáncreas, GON=gónada, MUS=músculo y HEM=hemolinfa).

Tratam.	Estadfo	PRO				LIP				
		HEM	HEP	GON	MUS	HEM	HEP	GON	MUS	HEM
Control	II	0.54	0.89	1.67	0.91	0.42	0.78	3.12	0.71	0.07
	III	0.69	1.11	1.82	1.47	0.63	0.73	5.04	2.54	0.25
	IV	0.61	1.19	1.91	1.58	1.55	1.09	2.06	0.96	0.09
5%	II	0.49	1.71	2.74	1.67	0.56	0.84	1.05	0.65	0.01
	III	1.58	0.99	0.55	0.79	0.91	7.5	1.56	3.39	0.11
	IV	1.58	0.65	1.62	1.01	0.61	0.65	2.13	0.94	0.02
10%	II	3.92	0.89	1.67	0.91	0.42	6.21	4.12	3.71	0.69
	III	0.75	1.29	1.85	1.5	0.45	1.4	2.13	1.45	0.04
	IV	0.65	1.21	2.71	1.59	0.71	0.27	2.64	0.46	0.12
15%	II	1.07	2.25	2.12	4.69	0.46	1.87	0.87	2.71	0.23
	III	0.61	1.38	1.53	1.46	2.82	2.15	7.99	5.53	2.76
	IV	0.84	1.35	1.97	1.59	2.63	3.78	3.36	3.85	3.14

En el caso de las proteínas, a pesar de que los resultados son muy variables entre los distintos tratamientos, no hay diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tejidos con las cuatro dietas.

En la figura 5 se muestran las variaciones de las proteínas en los distintos tejidos y estadios de maduración de los camarones del grupo control. Entre los estadios de maduración II a IV se observó que las proteínas tienden a aumentar en todos los tejidos, mostrando el mayor incremento en la hemolinfa y el músculo. En el caso de la hemolinfa en los niveles de proteína del estadio IV resultaron ser 267.5% mayor que el nivel obtenido en el estadio II.

A diferencia del caso anterior, el tratamiento con 5% de *Artemia* (Figura 6) se caracterizó por una disminución generalizada en la concentración de proteínas. Así tenemos el caso del heptaopáncreas cuya concentración disminuyó en 62% entre los estadios II y IV. El músculo por su parte registró una pérdida global del 34%. La gónada registró una baja del 40% entre los estadios

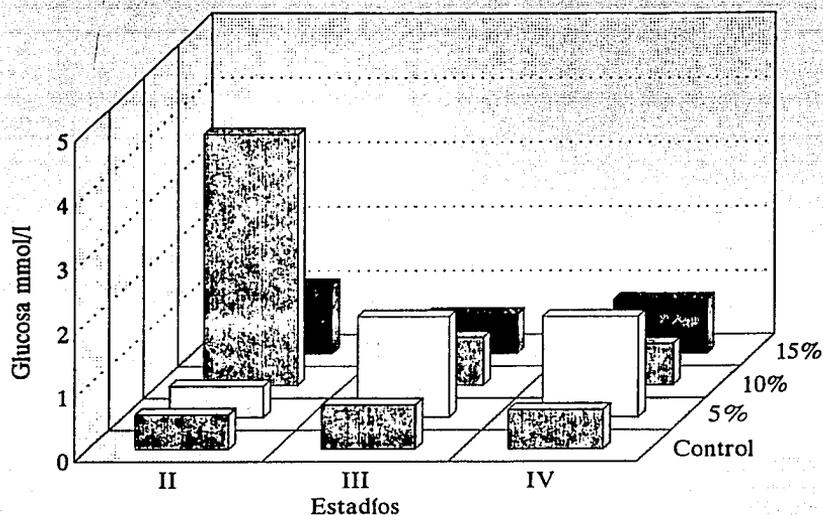


Figura 4. Variación de la concentración de glucosa por estadío para cada tratamiento.

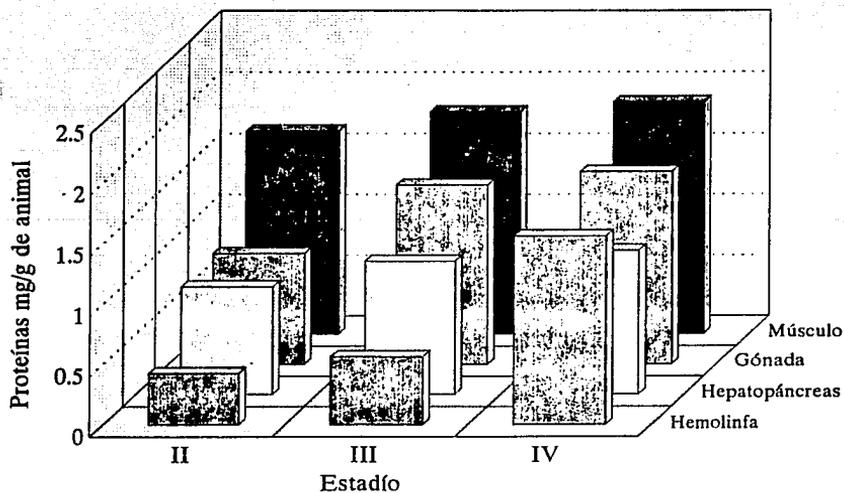


Figura 5. Variación de la concentración de proteínas (mg/g de animal) para cada estadío en la hemolinfia, hepatopáncreas, músculo y gónada del tratamiento control.

II y IV. La hemolinfa es el único tejido de este tratamiento que presentó un incremento global del 6% durante la maduración.

El tratamiento con 10% de *Artemia* mostró una tendencia opuesta caracterizada por ligeros incrementos en la mayor parte de la maduración exceptuando el paso entre el estadio III a IV en el hepatopancreas con una merma del 7% (Figura 7). El resto de los tejidos presentaron incrementos: la hemolinfa registró un aumento total del 66%; el músculo del 74% y la gónada con el 62%.

Las proteínas en el tratamiento con 15% de *Artemia* (Figura 8) presentaron un comportamiento similar al del 5%. En el caso de las proteínas del hepatopancreas las concentraciones disminuyeron un 40% entre los tres estadios. Las lecturas en la gónada presentaron una baja global del 28%. En las proteínas musculares la concentración para el estadio II sobrepasa cualquier otra concentración registrada en todos los tejidos y tratamientos y apreciándose una baja entre los estadios II y IV del 66%. Para la hemolinfa el comportamiento es completamente el opuesto al de los otros tejidos con un incremento total de 463% del estadio II al IV.

Los lípidos al igual que las proteínas, a pesar de registrar un comportamiento tan heterogéneo, no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los distintos tratamientos.

En el tratamiento control (Figura 9), sin tomar en cuenta al hepatopancreas, los otros tres tejidos presentaron un comportamiento muy característico en todos los demás tratamientos, caracterizado por un aumento entre los estadios II y III seguido por una disminución entre III y IV. Caben señalar los incrementos cercanos al 250% tanto en músculo como en hemolinfa entre los estadios II y III a diferencia de los otros tejidos, el hepatopancreas mostró una caída poco significativa entre las dos primeras fases de maduración seguido de un aumento cercano al 50% en el estadio IV.

En el tratamiento con 5% de *Artemia* se repite el mismo patrón, caracterizado por un aumento en el paso de II a III seguido de una baja entre los estadios III y IV (Figura 10). Este comportamiento se logró observar en el hepatopancreas, el músculo y la hemolinfa, cuyos valores al aumentar fueron de 791%, 415% y 578% respectivamente. En las gónadas, a diferencia de los otros

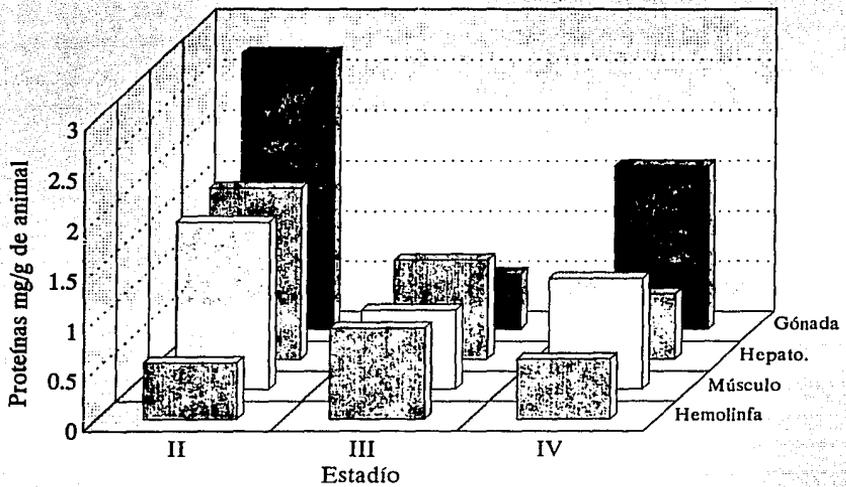


Figura 6. Variación de la concentración de proteínas (mg/g de animal) para cada estadío en la hemolinfa, músculo, hepatopáncreas y gónada del tratamiento con 5% de *Artemia*.

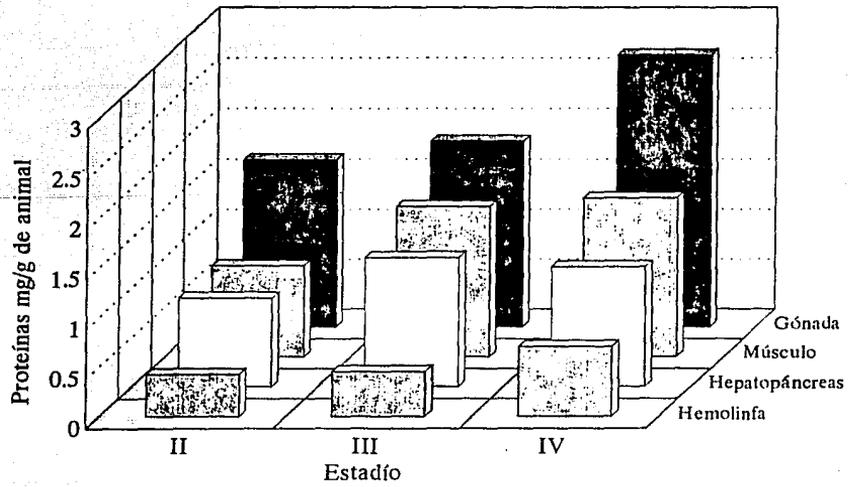


Figura 7. Variación de la concentración de proteínas (mg/g de animal) para cada estadío en la hemolinfa, hepatopáncreas, músculo y gónada del tratamiento con 10% de *Artemia*.

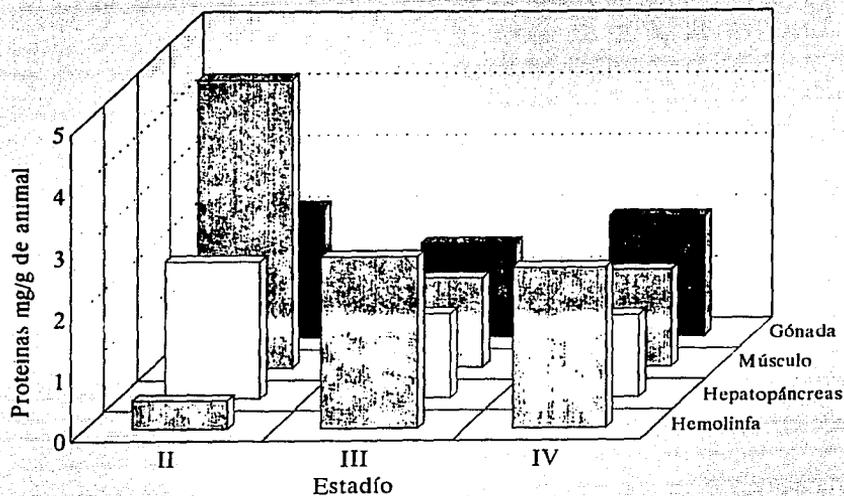


Figura 8. Variación de la concentración de proteínas (mg/g de animal) para cada estadío en la hemolinfa, hepatopáncreas, músculo y gónada del tratamiento con 15 % de *Artemia*.

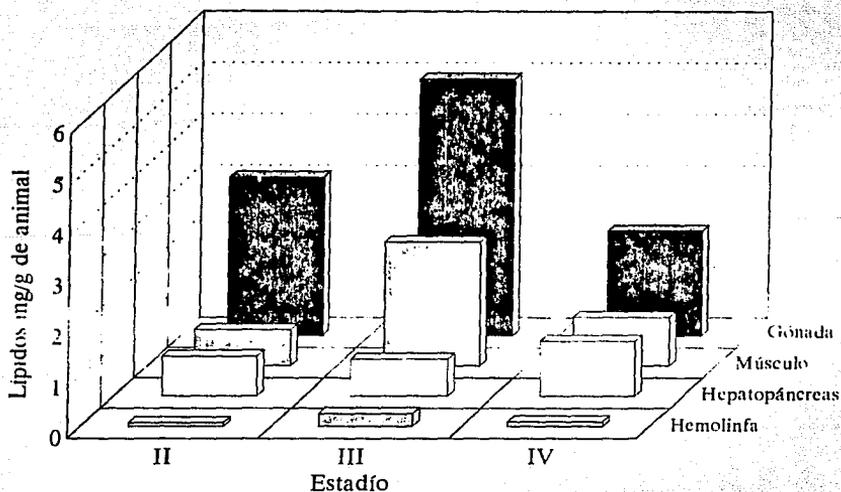


Figura 9. Variación de la concentración de lípidos (mg/g de animal) para cada estadío en la hemolinfa, músculo, hepatopáncreas, y gónada del tratamiento control.

tres tejidos, la concentración aumenta en el estadio IV, llegando a un incremento total de poco más del 100%.

En el tratamiento con 10% de *Artemia* la variación de los lípidos se caracterizó por decrementos casi en todos los casos. Las dos únicas excepciones fueron el paso entre III y IV para la gónada y la hemolinfa. De todos los tejidos analizados en los distintos estadios, quizá los valores que más sobresalen son el hepatopancreas y el músculo con una disminución del 96% y 83% respectivamente (Figura 11).

El tratamiento con 15% de *Artemia* (Figura 12) una vez más presenta el patrón ya mencionado claramente marcado en las gónadas y el músculo en donde destaca el incremento de la fase entre estadio II y III con valores de 813% y 105% respectivamente. El hepatopancreas y la hemolinfa presentaron un incremento inicial con respecto al patrón mencionado, pero a diferencia de los otros casos, el aumento sigue hasta el estadio IV, en donde los incrementos fueron del 106% para el hepatopancreas y para la hemolinfa del 1244%, siendo así el valor más alto de todos los tratamientos para este tejido.

Por último, el consumo de oxígeno, fue el único parámetro que no se complementó con los datos adicionales del experimento paralelo, por lo que se carece de valores en el estadio III al 5% y en el IV al 15% (Tabla 6). Los diferentes tratamientos están caracterizados por un patrón en donde se da un incremento entre los estadios II y III seguido de una baja entre III y IV. Este comportamiento está marcado por la línea de promedio en la Figura 13.

Tratam.	Estadio		
	II	III	IV
Control	726	2730	735
5%	1241	--	1016
10%	1124	1322	585
15%	753	2060	--

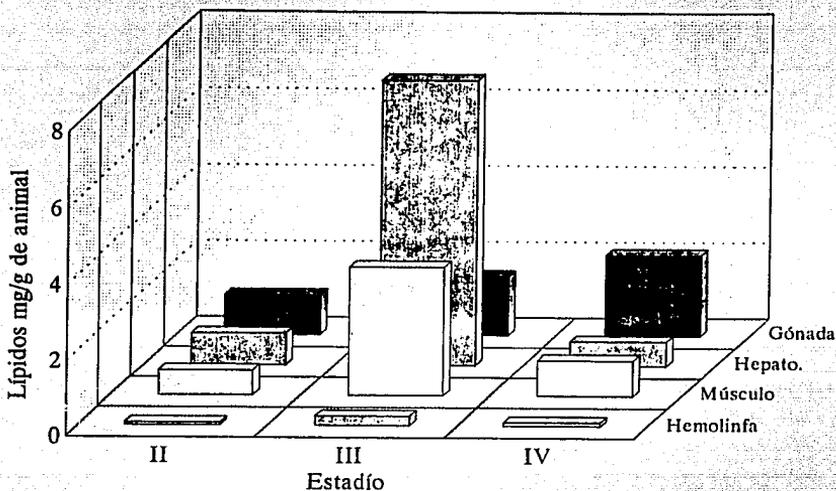


Figura 10. Variación de la concentración de lípidos (mg/g de animal) para cada estado en la hemolinfá, músculo, hepatopáncreas y gónada del tratamiento con 5% de *Artemia*.

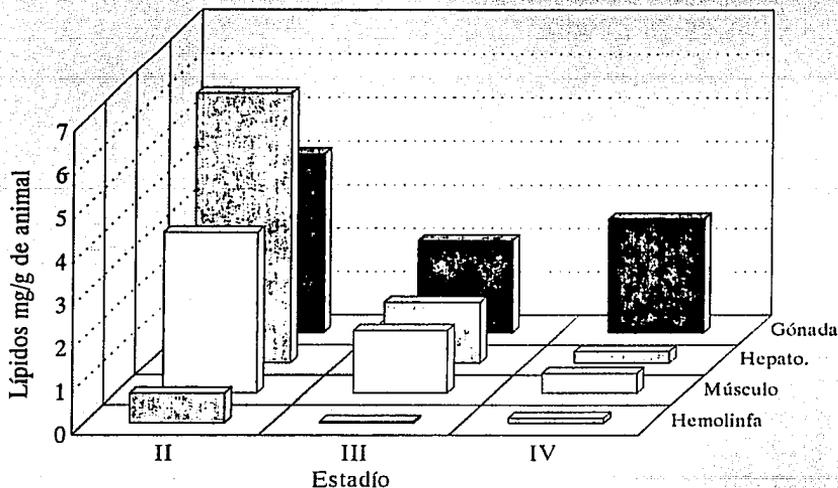


Figura 11. Variación de la conentracón de lípidos (mg/g de animal) para cada estado en la hemolinfá, músculo, hepatopáncreas y gónada del tratamiento con 10% de *Artemia*.

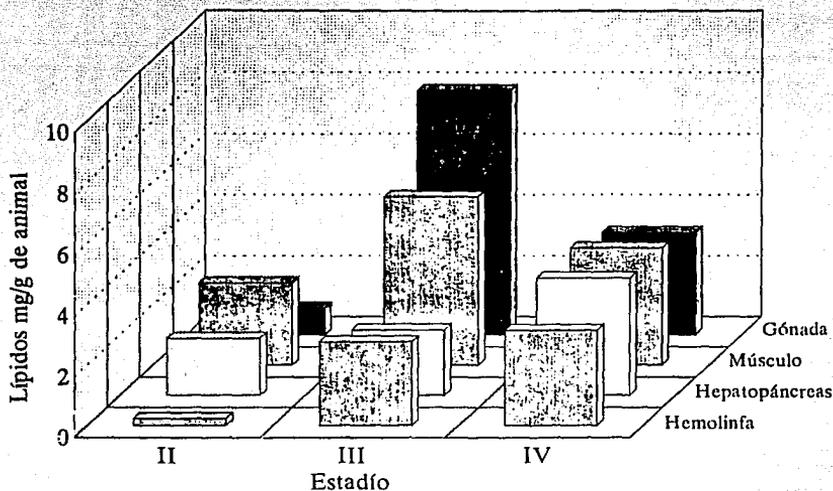


Figura 12. Variación de la concentración de lípidos (mg/g de animal) para cada estadío en la hemolinfa, hepatopáncreas, músculo y gónada del tratamiento con 15% de *Artemia*.

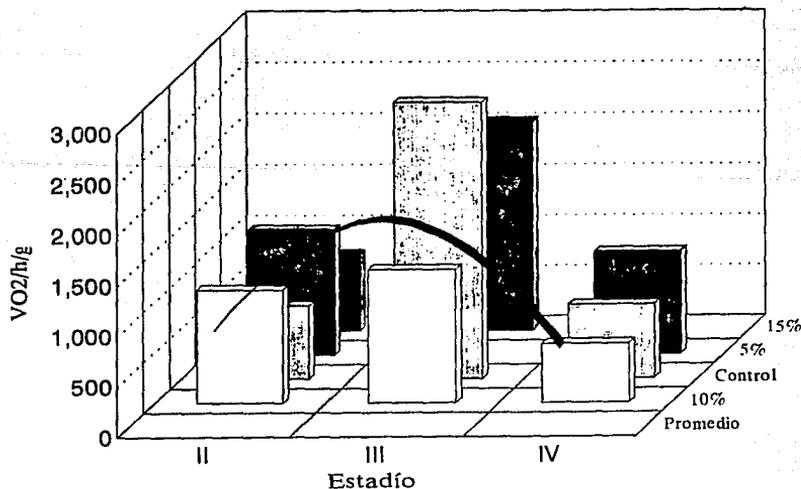


Figura 13. Variación en el Consumo de Oxígeno (VO₂/hora/g de tejido) en el hepatopáncreas por estadío para cada tratamiento. El promedio muestra la media de los consumos por estadío.

DISCUSIÓN

En términos generales podemos decir que los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que existe un transporte de sustancias, principalmente de lípidos y de proteínas a través de la hemolinfa desde el hepatopancreas hasta el músculo y principalmente hacia el ovario, siendo la *Artemia* administrada en la dieta el parámetro que marca las diferencias observadas durante la maduración entre los diferentes tratamientos.

El análisis de estos resultados y en general como lo menciona Galoise (1984) en la mayoría de los casos la composición bioquímica detallada acerca de la maduración en los Crustáceos y en particular de los peneidos, están enfocados a la descripción del transporte de substratos hacia el ovario. Son pocos los trabajos que se encaminan al análisis global de este aspecto, siendo el estudio de dicho autor, uno de los pocos que involucran a varios tejidos, que junto con Lawrence *et al* (1979), Middleditch *et al* (1980), Teshima y Kanazawa (1983) y Oliva (1989) plantean la participación de diferentes tejidos u órganos durante la maduración.

En la mayoría de las ocasiones el enfoque señala un incremento en la concentración, de lípidos y de proteínas en el ovario con respecto al estadio (Ramos y Fernández, 1984, King, 1948 y Castille y Lawrence 1989). Este incremento esta relacionado con una disminución en la concentración de los lípidos totales en el hepatopancreas (Mourente y Rodríguez, 1981; Teshima *et al*, 1989; Castille y Lawrence, 1989). Este mismo esquema esta aparentemente relacionado con un transporte de proteínas entre dichos tejidos (Gise, 1966) como en el caso de *Penaeus setiferus* (Castille y Lawrence, 1989).

Con esta base, la interpretación de los resultados aquí presentados esta en función del conjunto de las dos hipótesis que se plantean para explicar el transporte de sustancias durante la maduración gonadal. La primera de ellas plantea una relación casi exponencial entre la concentración de estas sustancias con respecto al estadio de maduración (Ramos y Fernández, 1984, Gise, 1966, 1984, Teshima y Kanazawa, 1983, King, 1948 y Castille y Lawrence 1989). La segunda de ellas plantea una relación exponencial en los primeros estadios de maduración

seguida de un decremento de esta principalmente en la gónada durante la última etapa. Los autores que lo tratan son Galois (1984) en su trabajo acerca de los lípidos tisulares durante la vitelogénesis en *P. indicus*, Gehring (1974) con su trabajo acerca de los cambios durante la maduración en los lípidos del ovario en *P. duorarum duorarum* y Teshima *et al* (1989) con su trabajo acerca del perfil lipídico del hepatopancreas y el ovario durante la maduración en *P. japonicus*.

Para este tipo de análisis es necesario tomar en cuenta que los valores obtenidos de los análisis químicos están estrechamente relacionados con la determinación macroscópica de la maduración lo que involucra un cierto margen de error. Esto significa que no es lo mismo analizar por ejemplo una hembra en estadio IV temprano que una en estadio IV a término, ya que en la primera el transporte no ha cesado y en la segunda el flujo de lípidos entre el hepatopancreas y la gónada ya ha terminado. De igual manera hay que tomar en cuenta que la evaluación que en el presente trabajo se realizó, esta expresada en la cantidad determinada de los nutrientes por unidad de tejido por el peso húmedo del animal, lo que para el caso de las proteínas y los lípidos, el volumen de un tejido en relación a otro con base en la concentración de la sustancia está determinado por el primero (peso). También hay que tomar en cuenta como lo menciona Galois (1984) que para el tratamiento de este tipo de eventos de transporte neto de sustancias hay que pensar en cantidades absolutas más que en valores relativos.

Como ya ha sido mencionado, el primer dato que se desprende del análisis de los resultados son los índices hepatosomático y gonadosomático los cuales son parámetros ampliamente utilizados, mas que como un aspecto bioquímico para la determinación de la maduración de la especie, como un carácter morfológico (Mourente y Rodríguez, 1991; Quintino y Millamena, 1992; Kulkarni, Nagabhushanam, 1979 y Lawrence *et al*, 1979). Al igual que en el caso de Lawrence *et al* (1979) en la presente investigación, no se encontraron diferencias significativas entre los índices gonadosomáticos. Entre los índices hepatosomáticos los valores concuerdan con los reportados por estos autores para *P. setiferus*. De esta manera se puede decir que estos dos índices tienen una correspondencia en los primeros dos estadios (II y III), en donde ambos índices se incrementan. Posteriormente el índice gonadosomático aumentó hasta el estadio IV momento en el que el índice

hepatosomático bajó. Estos resultados pueden ser el producto de un comportamiento en el que las gónadas siguen sintetizando y recibiendo sustancias del transporte hasta el momento previo al desove que para el caso del hepatopaneas, la síntesis con el fin de abastecer al ovario ya ha cesado. En este sentido el caso mas claro es el de los lípidos en el tratamiento con 5% de *Artemia* quien presenta un comportamiento muy similar (Figura 13). Este mismo comportamiento se ha observado para *P. keraturus* por Mourente y Rodríguez (1991).

Para explicar la baja en el peso en el hepatopaneas obtenida en este estudio, es necesario visualizar al órgano como el sitio de almacenamiento de reservas, las cuales son canalizadas hacia el ovario durante la maduración gonadal (Gibson, 1979). Este evento ha sido observado en organismos en inanición en donde los lípidos y proteínas son canalizados para los procesos endergónicos (O'Connor y Gilbert, 1968; Clifford y Brick, 1983 y Barclay *et al.*, 1983).

Como ya se ha mencionado, las variaciones que se pueden observar entre los índices hepato y gonadosomáticos, surgen como respuesta a una serie de eventos bioquímicos que se efectúan en el organismo durante la maduración, en donde ocurre un movimiento de reservas orgánicas desde el hepatopaneas y el músculo hasta la gónada por vía de la hemolinfa (Kulkarni y Nagabushanam, 1979; Oliva *et al.*, 1990 y Ramos y Fernández, 1981).

La glucosa ha sido reportada como el principal azúcar reductor en los Crustáceos y sus variaciones se han atribuido a factores tales como la hiperglicemia inducida por el estrés del manejo (Lynch y Webb, 1973; Abramowitz, 1944), la ovogénesis temprana (Dean y Varnberg, 1965) y a cambios cíclicos correlacionados con el ciclo de la muda (Telford, 1968 y Chan *et al.*, 1988). En relación con la glucosa Gibson (1979) reportó que existe una correspondencia entre el aumento de ésta en hemolinfa y el incremento del glucógeno en el hepatopaneas lo cual coincidió con una baja de las proteínas en el hepatopaneas y una aumento de estas en la hemolinfa. Ello probablemente surge como una respuesta a la activación de la alimentación en la intermuda y una reducción de este mecanismo previo a la muda (Chan *et al.*, 1988). En contraste durante la maduración en *P. notialis* (Ramos y Fernández, 1981) y *Uca pugilator* (Dean y Varnberg, 1965) este glúcido se mantiene constante, movilizándose desde el hepatopaneas hasta la gónada. Esta dinámica ha sido

interpretada en el sentido de su papel como reserva energética la cual puede tener entre otras funciones la de aprovisionamiento de glucosa para la producción de energía o de quitina (Winget *et al*, 1977).

En este estudio las concentraciones de glucosa permanecieron constantes a lo largo del experimento salvo algunos casos aislados los cuales probablemente estén asociados con la manipulación (Figura 4).

En términos generales las proteínas presentaron patrones similares a los descritos por Castille y Lawrence (1989) para *P. setiferus*, en donde la concentración en la gónada aumentó con la maduración mientras que en el hepatopancreas se reporta un aumento para posteriormente mantenerse y disminuir en los últimos estadios de maduración. A pesar de que el músculo es el tejido de mayor tamaño, aparentemente aporta cantidades relativamente pequeñas de proteínas cuya dirección posiblemente es el ovario (Oliva *et al*, 1990 y Ramos y Fernández,, 1984). Para el caso de *P. setiferus* aquí presentado, se puede señalar la posibilidad de la existencia de una síntesis extraovárica o de un aporte extraovárico de proteínas reflejado por el transporte y acumulación de este sustrato en los tejidos analizados, tal como se reporta para el caso de *Uca pugilator* (Quakenbush y Keeley, 1988).

Este aumento en la concentración de las proteínas es el resultado de un incremento en la síntesis proteínica la cual es afectada fuertemente por la ablación de los pedúnculos oculares (Gorel y Gilbert, 1971 en Chan *et al*, 1988 y Wilder, 1991).

La variación entre el transporte inicial y final de las proteínas esta dictada por el proceso mismo de la vitelogénesis en la cual en su primera etapa este transporte es producto de una incorporación externa al ovario (Lui *et al*, 1976) y posteriormente se convierte en una síntesis *in situ* (Gise, 1966). La vitelina es la proteína de mayor transporte durante este período (Fainzibler *et al*, 1992) la cual según el reporte de Millamena y Quintino, (1992) se incrementa conforme avanza la maduración disminuyendo con el desove.

El comportamiento de los lípidos en términos generales es muy variado entre los distintos tratamientos. En la hemolinfa se pudo evidenciar un transporte constante entre los distintos estadios

siendo el tratamiento con 15% de *Artemia* (Figura 15) el que registró la mayor concentración de lípidos. Este tejido como lo mencionan O'Connor y Gilbert (1968) es en el que se debe de basar el estudio del transporte.

Con respecto al músculo, se puede observar que existe una variación en la concentración de lípidos totales entre los distintos tratamientos lo que indica la existencia de un aporte de este tejido hacia el ovario o el almacenamiento de estas mismas sustancias en dicho tejido. En el caso de *P. notialis* no sucede así ya que para ésta especie y bajo unas condiciones de alimentación que correspondieran al control de esta investigación, los lípidos permanecieron sin cambios, lo que demuestra que efectivamente el complemento en la dieta con *Artemia* altera los mecanismos observados con un mayor aporte de sustancias que son principalmente lípidos (Oliva *et al*, 1989). El hepatopancreas es un órgano en el que la concentración de lípidos totales varía mucho en correspondencia a la proporción de estos en el alimento. El único tratamiento en el que se pudo observar un comportamiento similar al reportado por otros autores (Lawrence *et al*; 1979, Teshima y Kanazawa, 1983 y Mourente y Rodríguez 1991) corresponde al 10% de inclusión de *Artemia* en donde la concentración de este nutriente en el hepatopancreas decreció conforme avanzó la maduración del organismo como consecuencia del aporte de las reservas lipídicas almacenadas (Oliva *et al*, 1989) en dirección a la gónada. Al respecto se puede señalar que existe un transporte desde el hepatopancreas hacia la gónada, lo que se reflejó en la disminución de la concentración entre los estadios III y IV de los tratamientos con 5 y 15% de *Artemia* y tal vez en menor grado en el tratamiento control, este último como reflejo de la baja concentración de lípidos en la dieta producto de la no inclusión de la *Artemia*. Estos resultados coinciden con los reportados por Oliva *et al* (1989) quién observó que el incremento de los lípidos en el hepatopancreas se da en dos tiempos, el primero que corresponde con la acumulación en el tejido y el segundo con la movilización de éste hacia el ovario.

Toda ésta actividad de transporte y de transformación de nutrientes se va a ver marcada o reflejada por el consumo de energía requerida para dichos procesos y por el consumo de oxígeno producto de dicha actividad. Este consumo de oxígeno a nivel celular, como ya se mencionó, fue

medido en el hepatopancreas. Dado que este órgano es el centro inicial del metabolismo de los nutrientes proporcionados en la dieta, el reflejo de su actividad respiratoria va a estar determinado por los procesos metabólicos que se están llevando a cabo en el resto del organismo. De esta manera y dado que las hembras están respondiendo principalmente a los eventos relacionados con la maduración, podemos observar que hay un incremento en dicho consumo durante los dos primeros estadios de maduración producto de una síntesis muy importante de sustancias para abastecer al ovario de estas. Durante el período entre los estadios III y IV esta actividad disminuye considerablemente debido a que el requerimiento de estos nutrientes ha disminuido y el transporte prácticamente ha cesado.

Durante la maduración las gónadas son el órgano clave dentro de todo el proceso y sin duda el más controvertido de ellos. En términos generales se puede decir que su comportamiento es regido no por un modelo de acumulación continua de reservas, si no por un aumento entre los dos primeros estadios de maduración seguido de un decremento en la concentración hasta antes del desove en el estadio IV. Estos resultados contrastan con aquellos obtenidos por Castille y Lawrence (1989) para *P. setiferus* y *P. aztecus* y los de Ramos y Fernández (1984) y Oliva *et al* (1989) para *P. notialis*.

En estos resultados al igual que en los observados por Galois (1984), Gehring (1974) y Teshima *et al* (1989), la concentración de lípidos totales en la gónada durante la última fase de lamaduración, no se incrementa si no que por el contrario, disminuye y en algunos casos como es el de *P. japonicus* la concentración registrada está por debajo de la obtenida en el primer estadio. Lo que se propone para explicar estos eventos es que los lípidos son convertidos en otros compuestos asociados con los cuerpos corticales que se observan por primera vez en el estadio IV en la periferia del óvulo. Por otro lado, los lípidos pueden estar suministrando la fuente de energía para los cambios morfológicos que se están llevando a cabo o reflejan una etapa de reabsorción. Como lo menciona Gehring (1974) cualquier explicación sobre el declinamiento de la concentración de lípidos entre estos dos estadios es puramente especulativa.

Numerosos autores coinciden en que la alimentación es el factor determinante de la calidad

y cantidad de huevos desovados en Crustáceos (Mourente y Rodríguez, 1991; Ramos y Fernández, 1984; O'Connor y Gilbert, 1968; Galois, 1984; Chan *et al*, 1988; Vinagre y DaSilva, 1992; Gibson, 1979 y Middleditch *et al*, 1980).

La *Artemia franciscana* es un organismo que se caracteriza por su alto contenido en lípidos principalmente (Navarro, 1992) y en particular por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Castro, 1993). Esta característica le permite ser utilizado como un complemento en la dieta. En el caso de los Camarones y como ya se ha visto, en particular estas sustancias son esenciales durante la maduración ya que son utilizadas dentro del proceso de la vitelogénesis. Aunado a esto, tenemos el hecho de que en particular los peneidos carecen de los mecanismos metabólicos para sintetizar algunas de las sustancias que necesariamente tienen que ser tomadas en la dieta como lo han demostrado Vinagre y DaSilva (1992) y Middleditch *et al* (1980).

Esta riqueza lipídica es la que en un cierto momento determina que mejore o empobrece las condiciones en la maduración, principalmente por el hecho que se acaba de mencionar, en relación a la falta de mecanismos metabólicos para sintetizar algunas fracciones lipídicas como algunos ácidos grasos (Gibson, 1979).

Así, el efecto que tiene la *Artemia* sobre la maduración aún no está muy claro, sin embargo si se pueden plantear algunas hipótesis acerca de éste proceso.

Con respecto a las proteínas que se obtienen de la degradación de la *Artemia*, se puede decir que su efecto dentro del organismo es casi nulo en vista de que en términos generales la concentración de éstas en todos los tejidos analizados para los distintos tratamientos permanece constante. A pesar de esto, hay que tomar en cuenta la riqueza en aminoácidos libres que registra la *Artemia* que para el caso de la Arginina se ha reportado como un factor limitante (García y Ramos, 1993) dentro de su metabolismo lo que al suministrar a la *Artemia* va a enriquecer la dieta

En el caso de los lípidos las diferencias son mas evidentes. En este sentido Andrews (1972) al trabajar con juveniles de esta misma especie de camarón. plantea que el exceso de los lípidos en la dieta, tiene un efecto adverso sobre el crecimiento lo que se podría representar aquí por las del comportamiento observado en el tratamiento con 15% de *Artemia*.

En cuanto a la dirección del aporte dentro de todo el proceso de maduración, de los dos substratos principales que son los lípidos y las proteínas hay que tomar en cuenta la síntesis intraovárica y el transporte de estos substratos provenientes de otros sitios, tomando en cuenta la cantidad que un tejido puede ceder. Esto es, que en cuanto a la dirección del aporte de estas sustancias, no se debe de perder de vista que una parte de éstas son canalizadas directamente desde su digestión mientras que otras son procesadas en diferentes tejidos u órganos antes de llegar a la gónada así como las que son sintetizadas *in situ*.

En términos generales se puede especular acerca de la dirección de los aportes en vista de los resultados obtenidos. Así se puede plantear que el aporte de los lípidos que el camarón no puede sintetizar directamente, son adquiridos en la dieta, y son trasladadas directamente hasta la gónada, sin ser ampliamente procesadas por el hepatopáncreas. Ya que en camarones ablacionados la maduración es un proceso relativamente rápido en presencia de substratos apropiados, el organismo canaliza todo su metabolismo directamente al órgano clave que es el ovario. En el caso de las demás sustancias como podrían ser los carbohidratos, algunas proteínas y otras especies lipídicas, dado que éstas forman parte de la dieta cotidiana del organismo, son canalizadas a través del hepatopáncreas para cumplir con los requerimientos nutricionales y metabólicos normales para el organismo. Expresado de otra manera, se podía decir que la calidad de los lípidos que están siendo aportados por la *Artemia*, dado que son muy escasos dentro del organismo, son canalizados directamente hacia la maduración. En el caso de las sustancias aportadas por el alimento fresco, estas son metabolizadas normalmente ya que su concentración dentro del animal no ha cambiado. No hay que perder de vista que esta serie de eventos están siendo alterados, y/o más que eso, acelerados la ablación (Figura 14).

Por último es necesario referirse a los resultados que se obtuvieron del experimento que se realizó paralelamente a este en el que se manejaron las mismas condiciones que se emplearon en este trabajo para ampliar y completar los resultados que aquí se plantean. Cabe mencionar que en dicho experimento los parámetros que se evaluaron fueron la muda, la cópula natural, el desove y la eclosión principalmente.

Al complementar ambos resultados se observó que el mayor número de desoves totales se registraron en el tanque con 5% de *Artemia* en el cual se registraron el menor número de huevos y la menor tasa de muda. De igual manera, los tratamientos con 10%, 15% y control registraron un número bajo de desoves pero para el caso del tratamiento con 10% el número de huevos fue muy elevado. Esto, lo que nos puede llevar a pensar es que la dieta en el caso de la concentración con 5% de *Artemia* es deficiente y de que de alguna manera esta concentración esta influyendo para que se realicen desoves parciales. Se podía pensar en un efecto de los lípidos, que al ser deficientes provocan este comportamiento. De igual manera y como ya se mencionó el comportamiento en el tratamiento con 15% se puede deber al exceso de lípidos administrados. En el caso del tratamiento con 10% de *Artemia* se podía decir que la concentración es adecuada en vista de su comportamiento al ser analizado desde el punto de vista del transporte y de los desoves producidos. En vista de los resultados que se han planteado aquí, vale la pena hacer algunas recomendaciones relacionada con este tipo de investigación con el fin de que la experiencia obtenida pueda mejorar los trabajos que se relacionen con este tema y se eviten las dificultades que para ésta se han detectado. Esto es, que con el fin de lograr una mejor comprensión de esta serie de eventos de transporte de repercusión en la maduración, se aconseja que se realicen análisis de los tipos de sustancias que están interviniendo dentro del proceso y que para lograr el entendimiento de dichos eventos, se determinen lo mas a fondo posible las fracciones principalmente tanto lipídicas como proteica involucradas dentro del proceso así como un análisis del papel que juega el glucógeno en el todo esto. De igual manera se debe de considerarse la mano de obra implicada en la producción de la *Artemia* para ser administrada como complemento alimenticio.

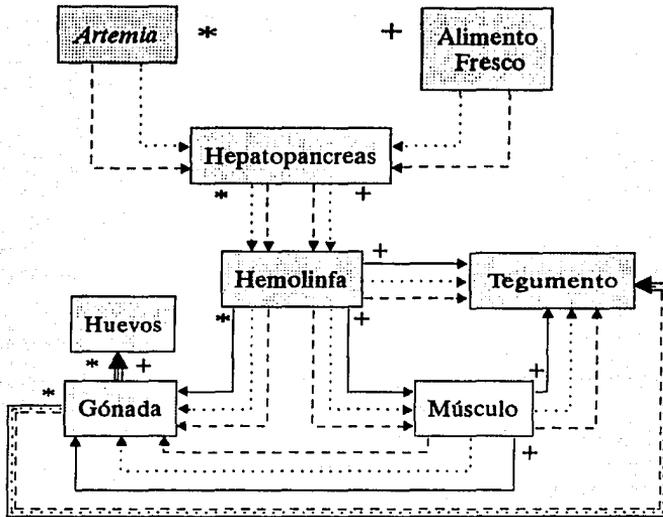


Figura 14. Diagrama que representa el transporte de nutrientes entre los tejidos analizados a partir de la *Artemia* (*) y del Alimento Fresco (+) administrados en la dieta (Lípidos....Protefnas--Glucosa—).

CONCLUSIONES

La maduración es un evento en el que se requiere de condiciones muy particulares y que para los fines específicos del transporte de las sustancias, la dieta es el factor determinante de todo el proceso.

A pesar de que las dietas son isolipídicas e isoprotéicas, se puede observar un efecto directo sobre la maduración producto de la calidad de estos compuestos.

Existe un transporte de proteínas evidenciado por las diferencias en las concentraciones entre los diferentes tejidos incluyendo al músculo. Este transporte evidencia una síntesis extraovárica de proteínas que se va a estar dictada por la vitelogénesis y se va a ver influenciada por el tipo de alimento.

La *Artemia franciscana* es un organismo que alberga un contenido lipídico significativo que al, ser utilizado como complemento de la dieta de *Penaeus setiferus*, afecta a los mecanismos de transporte de este nutriente durante la maduración.

La concentración de la *Artemia franciscana* en la dieta puede ser determinante durante los eventos de la maduración ya que bajo concentraciones bajas induce desoves parciales y en concentraciones altas inhibe este proceso. Por esta razón, se propone que el tratamiento con 10% de *Artemia* sea el mas recomendable para utilizarlo como complemento en la dieta de hembras en maduración de *P. setiferus*.

ANEXO I

A continuación se describen cada uno de los estadios:

Durante el estadio I o inmaduro el ovario es delgado, translúcido, sin pigmentación y el diámetro de los lóbulos posteriores es menor que el diámetro del hepatopaneas.

En el estadio II o de maduración temprana, los lóbulos medios y anteriores del ovario son vagamente visibles a través del exoesqueleto y estos presentan una tonalidad opaca pero sin una coloración distintiva; de igual manera, el diámetro de los lóbulos posteriores es similar al del hepatopaneas.

El estadio III o de maduración tardía se caracteriza por la fácil observación del ovario a través del exoesqueleto con un desarrollo completo de los lóbulos anteriores y medios, y el diámetro del lóbulo posterior es mayor que el del hepatopaneas con una coloración general amarillo clara.

Durante el estadio IV o maduración total, los lóbulos del ovario presentan un tamaño mayor respecto al estadio anterior, son claramente visibles a través del exoesqueleto y su coloración es amarillo-naranja.

BIBLIOGRAFIA

Andrews, J. W., Sick, L. V. y G. J. Baptist (1972). The influence of dietary protein and energy levels of growth and survival of penaeid shrimp. *Aquaculture*, 1:341-347.

Barclay, M.C., Dall, W. y D. M. Smith (1983). Changes in lipid and protein during starvation and the moulting cycle in the tiger prawn, *Penaeus esculentus* Haswell. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 68:229-244.

Brown, Jr. A., Mc Vey, J., Middleditch, B. S. y A. L. Lawrence (1979). Maturation of white shrimp (*Penaeus setiferus*) in captivity. *Proc. World Maricul. Soc.*, 10:435-444.

Bueno, S. L. de S. (1990). Maturation and spawning of the white shrimp *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936, under large scale rearing conditions. *J. World Aquacul. Soc.* 21(3):170-179.

Castro, T. B. (1993). Biología y cultivo de *Artemia franciscana* en el exlago de Texcoco, de Ecatepec, Estado de México. TESIS DOCTORAL EN CIENCIAS. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 71pp.

Catille, F. L. y A.L. Lawrence (1989). Relationship between maturation and biochemical composition of the gonads and digestive glands of the *Penaeus aztecus* and *Penaeus setiferus* (L.). *Jur Crust. Biol.*, 9(2):202-211.

Claybrook, L. D. (1983) Nitrogen Metabolism. *The biology of crustacea*, 5:163-213.

Clifford, H. C. y R. W. Brick (1983). Nutritional physiology of the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) I. Substrate metabolism in fasting juvenile shrimp. *Comp. Biochem. Physiol.*, :561-568.

Chang, S.-M., Rankin, S. M. y L. L. Keeley (1988). Characterization of the molt stages in *Penaeus vannamei*: setogenesis and hemolymph levels of total protein, ecdysteroids and glucose. *Biol. Bull.*, 175:185-192.

Chen F., Reid, B. y C. R. Arnold (1991). Maturing, Spawning and egg collecting of the

white shrimp *Penaeus vannamei* Boone in a recirculating system. *J. World Aquacul. Soc.*, 22(3):167-172.

Dall, W. (1981). Lipid absorption and utilization in the norwegian lobster, *Nephros norvegicus* (L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 50:33-45.

Dall, W., Chandumpai, A. y D. M. Smith (1992). Fatty acid composition of organs and tissues of the tiger prawn *Penaeus esculentus* during the molting cycle and during starvation. *Marine Biology*, 113:45-55.

Dall, W. y Moriarty, J. W. D. (1983) Functional aspects of nutrition and digestion. *The biology of Crustacea*, 5:215-261

Dean, J. M. y F. J. Varnberg (1965). Variations in the blood glucose level of Crustacea. *Comp. Biochem. Physiol.*, 14:29-34.

Fabienne, L., Goudeau, M., Carpentier, G., Saidi, B., y H. Goudeau (1992). Eyestalk ablation in female crabs: effects on egg characteristics. *J. Exp. Zool.*, 261:86-96.

Fainzibler, M., Tom, M., Shafir, S., Applebaum, W., y E. Lubzens (1992). Is there extraovarian synthesis of vitellogenin in penaeid shrimp?. *Biol. Bull.*, 183:233-241.

Fairs, N. J., Quinlan, P. T. y L. J. Goad (1990). Changes in ovarian unconjugated and conjugated steroid titers during vitellogenesis in *Penaeus mondon*. *Aquaculture*, 89:83-99.

Galois, R. G. (1984). Variations de la composition lipidique tissulaire au cours de la vitellogenese chez la crevette *Penaeus indicus* Milne. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 84:155-166.

Gehring, W. R. (1974). Maturational changes in the ovarian lipid spectrum of the pink shrimp, *Penaeus duorarum duorarum* Burkenroad. *Comp. Biochem. Physiol.*, 49A:511-524.

Gibson, R. (1979). The decapod hepatopancreas. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17:285-346.

García, T. y L. Ramos (1993). Comunicación personal.

Gracia, G. A. (1989). Ecología y pesquería del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) en la Laguna de Terminos-Sonda de Campeche. TESIS DOCTORAL EN CIENCIAS. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. pp.

Gise, A. C. (1966) Lipids in the economy of marine invertebrates. *Physiol. Rev.* 46:244-298.

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

Kulkarni, G. K. y R. Nagabhusanam (1979). Mobilization of organic reserves during ovarian development in a marine penaeid prawn *Parapenaeopsis hardwickii* (Miers) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Aquaculture*, 18: 373-377.

Lachaise, F., Goudeau, M., Carpentier, G., Saidi, B. y H. Goudeau (1992). Eyestalk ablation in female crabs: effects on egg characteristics. *J. Exp. Zool.* 261:86-96.

Lawrence, A. L., Akamine, Y., Middleditch, B. S., Chamberlain, G. y D. Hutchins (1980). Maturation and reproduction of *Penaeus setiferus* in captivity. *Proc. World Maricul. Soc.*, 11:481-487.

Lawrence, A. L., Ward, D., Missler, S., Brown, A., Mc Vey, J. 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 Maricul. Soc.* 10:453-463.

Leon, T (1993). Comunicación personal.

Lui, C. W., Sage, B. A. y J. D. O'Connor (1976). Biosynthesis of lipovitellin by the Crustacean ovary. *J. Exp. Zool.*, 188:289-296.

Lynch, M. P. y K. L. Webb (1973). Variations in serum constituents of the blue crab, *Callinectes sapidus*: glucose. *Comp. Biochem. Physiol.*, 45A:127-139.

Martínez, A. y A. De la Cruz (1984). Captura y manipulación de camarones para el cultivo.

Rev. Inv. Mar., V(2):23-40.

Middleditch, B. S., Missler, S. R., Hines, H. B., Chang, E. S., Mc Vey, J. P., Brown, A. y A. L. Lawrence (1980). Maturation of penaeid shrimp: lipids in the marine food web. *Proc. World Maricul. Soc.*, 11:462-470.

Middleditch, B. S., Missler, S. R., Ward, D. G., Mc Vey, J. V., Brown, A. y A. L. Lawrence (1979). Maturation of penaeid shrimp: dietary fatty acids. *Proc. Worls Maricul. Soc.*, 10:472-476.

Moss, S. M., Pruder, G. D., Leber, K. M. y J. A. Wyban (1992) The relative enhancement of *Penaeus vannamei* growth by selected fractions of shrimp pond water. *Aquaculture*, 101:229-239.

Mourente, G. y A. Rodriguez (1991). Variation in the lipid content of wild-caught females of the marine shrimp *Penaeus keraturus* during sexual maturation. *Marine Biology*, 110:21-28.

Nascimento, I.A., Bray, W.A., Leung Trujillo, J. R. y A. Lawrence (1991). Reproduction of ablated and unablated *Penaeus schmitti* in captivity using diets consisting of fresh-frozen natural and dried formulated feeds. *Aquaculture*, 99:387-398.

Navarro, J. C. y F. Amat (1992). Effect of algal diets on the fatty acid composition of brine shrimp, *Artemia sp.*, cysts. *Aquaculture*, 101:223-227.

O'Connor, J. D. y L. I. Gilbert (1968). Aspects of lipid metabolism in Crustaceans. *Am. Zool.*, 8:529-239.

Oliva, M., Fernández, I., Ramos, L. y C. Vázquez-Boucard (1990). Estudio de las proteínas de la hemolinfa del camarón rosado *Penaeus notialis* en función del ciclo de la muda y la maduración gonadal. *Rev. Inv. Mar.*, XI(2):139-146)

Oliva, M., García, E. y S. Valderrama. (1989). Variaciones de los lípidos tisulares durante la vitelogénesis del camarón rosado *Penaeus notialis*. *Rev. Inv. Mar.*, X(3):269-278.

Perez, F. I. (1969). Western atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. *Fishery Bull.* 67(3):461-591.

Primavera, J. H. (1978). Induced maturation and spawning in five month-old *Penaeus mondon* Fabricius by eye stalk ablation. *Aquaculture*, 18:355-359.

Prosser, L. C. (1991). *Neural and integrative animal physiology*. Wiley-Liss. New York. 770pp.

Quackenbush, L. S. y L. L. Keeley (1988). Regulation of vitelogenesis in the fiddler crab *Uca pugilator*. *Biol. Bull.*, 172:321-331.

Quintino, E.T. y Millamena, O. M. (1992). Ovarian changes and female-specific protein levels during sexual maturation of the white shrimp *Penaeus indicus*. *Israeli J. of Aquaculture - Bamidgeh*, 44(1):7-12

Radin, N. S. (1981). Extraction of tissue lipids with a solvent of low toxicity. *Methods in Enzimology*, 72(1):5-7.

Ramos, L. y T. García (1992). Maduración y reproducción de *Penaeus schmitti*, utilizado como complemento de la alimentación diferentes dietas peletizadas. *Rev. Inv. Mar.*, 13(2):159-166.

Ramos, L. y A. G. Gonzalez (1983). Inducción artificial a la maduración gonadal en hembras de *Penaeus notialis* Pérez Farfante, 1967 por oculotomía. *Rev. Inv. Mar.* IV(1):33-61.

Ramos, L. e I. Fernández (1981). Variaciones durante el metabolismo glucídico durante el ciclo reproductor en la especie *Penaeus notialis* Pérez Farfante, 1967. *Rev. Inv. Mar.*, II (2):141-155.

Ramos, L. e I. Fernández (1984). Variaciones cuantitativas de la protonemia y lípidos totales ováricos durante la maduración gonadal del camarón, *Penaeus notialis* (Pérez Farfante, 1967). *Rev. Inv. Mar.* V(2):49-56.

Ramos, L. y M. Oliva (1984). Metabolismo energético en juveniles del camarón rosado *Penaeus notialis* (Pérez Farfante, 1967). *Rev. Inv. Mar.*, V(1):35-55.

Saldaña, F. G. (1992). Aspectos de la maduración y calidad reproductora de *Penaeus setiferus* en condiciones controladas en Tuxpan, Veracruz. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 65 pp.

Scopes, R. (1982). *Protein Purification. Principles and Practice*. Ed. Springer-Verlag. New York. 282 pp.

Shiau, S.-Y. y C.-Y. Peng (1992). Utilization of different carbohydrates at different dietary protein levels in grass prawn, *Penaeus mondon*, reared in seawater. *Aquaculture*, 101:241-250.

Telford, M. (1968). The identification and measurement of sugars in the blood of three species of Atlantic crabs. *Biol. Bull.* 135:574-584.

Teshima, S y A. Kanazawa (1983). Variations in lipid composition during the ovarian maturation of the prawn. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 49(6):957-963.

Teshima, S., Kanazawa, A., Koshio, S. y K. Horinouchi (1989). Lipid metabolism of the prawn *Penaeus jaenicus* during maturation: variation in lipid profiles of the ovary and hepatopancreas. *Comp. Biochem. Physiol.*, 92B:45-49.

Tom, M., Fingerman, M., Hayes, T. K., Johnson, V., Kerner, B. y E. Lubzens (1992). A comparative study of the ovarian proteins from two penaeid shrimps, *Penaeus semisulcatus* De Haan and *Penaeus vannamei* (Boone). *Comp. Biochem. Physiol.*, 102B(3):483-490.

Vazquez Boucard, C. G., Moureau, C. E. y H. J. Ceccaldi (1985). Étude préliminaire de variation circadiennes des protéines de l'hémolymphe de *Penaeus japonicus* Bate. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 85:123-133.

Vinagre, A. S. y R. S. M. Da Silva (1992). Effects of starvation on the carbohydrate and lipid metabolism in crabs previously maintained on a high protein or carbohydrate-rich diet. *Comp. Biochem. Physiol.*, 102A(3):579-583.

Webster, C. D. y R. T. Lovell (1991). Lipid composition of three geographical sources of

brine shrimp nauplii (*Artemia sp.*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 100B(3):555-559.

Wilder, M. N., Okumura, T. y K. Aida (1991). Accumulation of ovarian ecdysteroids in synchronization with gonadal development in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Zoological Science*, 8:919-927.

Winget, R. R., Rouse, A. M. y D. Maurer (1977). Seasonal fluctuations in brachyuran nutrient storage: glycogen in *Callinectes* midgut glands. *Comp. Biochem. Physiol.*, 56A:69-71.

Yano, I., Kanna, R. A., Oyama, R. N. y J. A. Wyban (1988). Mating behaviour in the penaeid shrimp *Penaeus vannamei*. *Marine Biology*, 97:171-175.

Zar, J. H. (1974). *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall. pp.170-171.