



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL
Y DE POSGRADO
PROYECTO ESPECIALIZACIÓN, MAESTRIA Y
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA
"ESTACION MAZATLAN"

"INDICE DE DESARROLLO Y EFICIENCIA
DE CRECIMIENTO EN LARVAS DE
CAMARON AZUL *Penaeus stylirostris*,
STIMPSON. ALIMENTADAS CON DIFE-
RENTES RACIONES DE NAUPLIOS DE
Artemia"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR
(Oceanografía Biológica y Pesquera

P R E S E N T A :

Biol. Pesq. LUIS MIGUEL FLORES CAMPAÑA

03067 3
2oj.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

C O N T E N I D O

RESUMEN	1
1) INTRODUCCION	2
2) ANTECEDENTES	4
3) BIOLOGIA DE CAMARON AZUL <i>Penaeus stylirostris</i>	8
1. Generalidades	8
2. Diagnósis	8
3. Distribución geográfica	8
4. Posición taxonómica	9
5. Morfología interna y externa	9
6. Reproducción	11
7. Madurez ovárica	11
8. Desarrollo embrionario y larvario	11
9. Ciclo de vida	18
4) BIOLOGIA DE <i>Artemia</i>	19
1. Generalidades	19
2. Morfología	20
3. Posición taxonómica	21

4. Distribución geografica	22
5. Biología	23
6. Reproducción	25
7. Criptobiosis	26
8. Ciclo de vida	29
5) OBJETIVOS	32
6) MATERIAL Y METODOS	33
1. Estudio de un cultivo comercial de postlarvas de <i>Penaeus stylirostris</i>	33
2. Experimento con diferentes raciones de nauplios de <i>Artemia</i>	41
3. Procesamiento y manejo estadístico de resultados	46
4. Diagrama de flujo	47
7) RESULTADOS Y DISCUSION	48
1. Cultivo comercial de postlarvas de <i>Penaeus stylirostris</i>	48
1.1 Condiciones de cultivo	48
1.2 Relaciones biométricas	49
1.3 Índice de desarrollo	71

1.4 Crecimiento	74
2. Diferentes raciones de nauplios de <i>Artemia</i> y su efecto sobre el crecimiento de larvas de <i>Penaeus stylirostris</i> .	84
2.1 Análisis de las tallas y crecimiento	84
2.2 Consumo de nauplios de <i>Artemia</i>	92
2.3 Eficiencia de crecimiento	105
2.4 Análisis combinado de la talla, tasa de ingestión y eficiencia bruta de crecimiento	111
2.5 Demanda de nauplios en la producción de postalarvas para el estado de Sinaloa	115
8) CONCLUSIONES	121
9) BIBLIOGRAFIA	126

RESUMEN

Se llevó a cabo el seguimiento de una corrida comercial de producción de postlarvas de camarón azul *Penaeus stylirostris*, del estadio nauplio a postlarva, para conocer las condiciones de cultivo y determinar las dimensiones en talla y peso seco de los estadios larvarios y su tasa de crecimiento.

La densidad de siembra fue de 100 nauplios/litro. La temperatura registró valores entre 25.8 a 28.0 °C y la salinidad alrededor de las 39 ‰.

Los estadios de N₁ a P₂ se alimentaron con *Skeletonema* y *Chaetoceros* a una concentración promedio de 75 000 células/ml, de P₂ hasta P₄ se les proporcionó nauplios de *Artemia* como alimento en una concentración promedio de 1.53 nauplios/ml. La P₁ se presentó a los 14 días.

Los nauplios (N) promediaron 0.40 mm de longitud total (LT) y 0.011 mg de peso seco (PS). Las protozoas (Pz) midieron, en promedio, 0.70 mm de longitud cefalotorácica (LC), 1.38 mm de LT y 0.026 mg de PS. En las mysis (M) se obtuvieron promedios de 1.49 mm en LC, 4.33 mm en LT y de 0.121 mg en PS. Las postlarvas (P₁) tuvieron en promedio 1.95 mm de LC, 6.30 mm de LT y 0.321 mg de PS. Se presentan las ecuaciones de las relaciones biométricas. La relación entre la tallas fue lineal positiva en todos los estadios larvarios, las relaciones talla-peso seco exhibieron un comportamiento de tipo potencial y se observa un incremento gradual de la pendiente (b), a partir del valor presentado en los nauplios hasta uno cercano a tres en las mysis y postlarvas. Se determina el índice de desarrollo larvario y la tasa de crecimiento diario, que en los nauplios fue lineal y a partir de protozoa se ajustaron al modelo de crecimiento de von Bertalanffy con una LT_∞ de 11.036 mm, k igual a -0.055 y t. de -0.275.

Asimismo, se realizó un experimento para evaluar el efecto de diferentes raciones de nauplios de *Artemia* sobre el crecimiento de larvas de *P. stylirostris*, así como para conocer su consumo de nauplios y determinar su eficiencia bruta de crecimiento (K_i).

Las raciones experimentales fueron de 30, 60, 120 y 260 nauplios/larva/día. El experimento se inició en P₂ con tallas promedio de 2.08, 2.11, 2.07 y 2.09 mm de LT, para los tratamientos "A", "B", "C" y "D", respectivamente. Al final del experimento, en el 19° día, las tallas fueron significativamente diferentes, con valores promedios de 3.61, 4.14, 4.43 y 5.55 mm de LT para cada tratamiento. Se encontró que las tasas de crecimiento difirieron entre sí. Las tasas promedio de crecimiento y las tallas finales estuvieron directamente relacionadas con las raciones de nauplios proporcionadas. El consumo de nauplios de *Artemia* aumenta con el tiempo, la Pz, ingirió 14 nauplios en promedio, a partir del 6° día se incrementó paulatinamente hasta un máximo de 236 nauplios/larva/día en el 15° día (P₁₀₋₁₂), para decrecer levemente y mantenerse estable entre los 198-206 nauplios en promedio por día (P₁₀₋₁₂). Se presentan las ecuaciones de la tasa de ingestión de nauplios y consumo estandarizado. Los valores de la K_i, uno de los primeros trabajos en larvas de *P. stylirostris*, oscilaron entre 3.0 y 42.2 %, con los valores promedio más altos en los tratamientos "A" y "B". Los dos tratamientos restantes, el "C" y "D", registraron valores entre 3.0 y 20.2 %, pero estos fueron más constantes. Los PS más pequeños registrados, 0.090 y 0.120 mg, fueron para los dos primeros tratamientos, en cambio los tratamientos "C" y "D" registraron 0.140 y 0.210.

Una aproximación de la demanda de nauplios de *Artemia* en la producción de postlarvas para el cultivo de camarón en el estado de Sinaloa indica requerimientos de 295, 1 370 y 2 740 kg de quistes de *Artemia* con un 90 % de eclosión, para abastecer el 5, 25 y 50 % de la demanda total anual de semillas de camarón para 1994.

1 INTRODUCCION

En México el camarón constituye uno de los recursos pesqueros más importantes por su volumen de captura, su alto valor en el mercado y porque proporciona trabajo e ingresos económicos a un gran número de personas. Sin embargo, la producción de camarón generada a partir de la pesquería establecida en ambos litorales mexicanos se ha mantenido relativamente estable en los últimos doce años, fluctuando alrededor de las 73 000 toneladas anuales (Anónimo, 1987). Se infiere de esto que se ha alcanzado el rendimiento máximo sostenible, por lo que la única alternativa para incrementar su producción es a través de su cultivo.

El cultivo de camarón se lleva a cabo con éxito principalmente en países como Indonesia, Filipinas, Taiwan, Japón, Ecuador y Panamá (Orbe y Arias, 1984). En nuestro país existen ambientes apropiados para el cultivo de camarón en la mayor parte de las lagunas litorales y se cuenta con las especies adecuadas para lograrlo.

La biotecnología del cultivo de camarón en nuestro país se encuentra actualmente a nivel de propagación. De acuerdo a las estimaciones del sector oficial, México posee aproximadamente 470 000 ha de terrenos aptos para el cultivo de camarón mediante los sistemas extensivo y semi-intensivo (Anónimo, 1987), con rendimientos promedios de 500 kg/ha (Barrena, 1987).

Para lograr optimizar los rendimientos esperados es importante emprender investigaciones sobre la cría y engorda de las especies nativas, *Penaeus vannamei* Boone, 1931 y *P. stylirostris* Stimpson, 1871, que son las especies de penéidos mayormente explotados en la pesquería de las lagunas costeras (Menz,

1976; Flores et al 1986) y sobre las que se pretende basar la camaronicultura que ya ha dado los primeros pasos a escala comercial.

Es por ello que actualmente se investigan los diferentes aspectos de la producción masiva de postlarvas de camarón para poblar los estanques artificialmente, sin depender de las larvas del medio natural. Criando las larvas se garantiza tanto una calidad estable como el abasto durante todo el año, lo que permite programar el ciclo de producción de una granja; asimismo, se evitan fricciones con la pesquería establecida y probables consecuencias adversas en la ecología de las lagunas costeras que pueden llevar a disminuciones en los volúmenes de producción del camarón cultivado, como lo sucedido en Ecuador durante 1984 (Hirono, 1987).

Dado que la alimentación es uno de los factores principales que ejerce gran influencia en el desarrollo, crecimiento y supervivencia de las primeras fases larvales del camarón, el propósito del presente trabajo es evaluar el efecto que sobre éstos aspectos ejercen diferentes raciones de nauplios de *Artemia* usados como alimento para las etapas de protozoa, mysis y postlarva del camarón azul *Penaeus stylirostris*.

Por otra parte es necesario determinar la ración óptima de nauplios de *Artemia* en la alimentación de las larvas de camarón para evitar costos innecesarios en la producción de postlarvas. Al respecto, Abreu (1987a) señala que tomando en cuenta únicamente el costo de los quistes de *Artemia* (que fluctúan entre 23 y 85 dólares por kg) su uso en criaderos representa una proporción considerable de los gastos, llegando a abarcar hasta el 30% de los costos totales de operación. Más aún, generalmente se adquieren en divisas extranjeras sujetas a revaluaciones continuas, por lo menos con respecto a nuestra moneda.

2 ANTECEDENTES

La base científica del cultivo de camarones pensidos tuvo sus orígenes en Japón hace más de 30 años, donde se lograron los siguientes principios de cultivo:

- a) El desove de hembras de *Penaeus japonicus* en condiciones controladas.
- b) La obtención de aionomorfos bajo condiciones adecuadas de intensidad luminosa, aereación y nutrientes.
- c) La identificación de una diatomea, *Skeletonema costatum*, como alimento viable para el estadio de zoea.
- d) El empleo de larvas nauplio de *Artemia* (Leach, 1819) para alimentar el estadio de mysis de *P. japonicus*.

Los principios señalados anteriormente, permitieron diseñar el método de "agua verde" conocido como método japonés (Shigueno, 1975). Por otra parte, en el laboratorio de la National Marine Fisheries Service en Galveston, Texas, se lograron desoves y aionomorfos de *P. setiferus* y *P. aztecus*, diseñándose el método de cultivo en "agua clara" ó método de Galveston (Cook y Murphy, 1966).

El método japonés y el de Galveston, constituyen los dos métodos básicos de producción de postlarvas. El método de Galveston, se diferencia del método japonés, por su alta densidad de crías, requerimientos menores de espacio y porque los cultivos de apoyo se realizan en tanques separados (Mock y Neal, 1974).

A partir de 1973, en Puerto Peñasco, Sonora, se desarrolló un sistema de cultivo del camarón azul *P. stylirostris* en invernadero, usando el método de Galveston. Se logró la reproducción, el cultivo de larvas y el desarrollo de

juveniles hasta animales de talla comercial (CICTUS, 1983). Actualmente se utiliza una variante del método Japonés, conocida como "bicultivo" para la producción de postlarvas (V. Dioni, com. pers.).

La engorda de juveniles en piscinas al estilo iniciado en el Ecuador, tiene antecedentes en México, desde 1972, cuando se construyeron las primeras pozas experimentales en la ensenada de Los Carros, laguna del Huizache, Sinaloa. Sin embargo, no es sino a partir de 1980, cuando en Mayarit se dan los primeros pasos para el cultivo en pozas. En 1982, se inició la construcción de piscinas y canales al estilo ecuatoriano, con bombas de gran capacidad (Cabrera y García, 1983).

El grado de avance tecnológico a nivel mundial, ha permitido cerrar el ciclo de cultivo, incluso para especies no nativas de los lugares de cultivo. Este es el caso de *P. stylirostris* que se cultiva en la Polinesia Francesa, sudeste de Estados Unidos e Israel, entre otros. En el Pacífico oriental, región en donde esta especie es nativa, se cultiva en países como Panamá, Costa Rica, Ecuador y México (Lopez, 1987).

La mayor parte de los trabajos recientes sobre el cultivo de los camarones han versado sobre la reproducción controlada (Primavera, 1978; Chamberlain y Lawrence, 1981; Primavera, 1985) y el cultivo masivo de larvas (Liao, 1984; Ganapathy, 1985; Cahu, 1987). En todos estos se ha prestado gran atención a aspectos de su alimentación.

Desde la primera mitad del presente siglo, varios investigadores han señalado que la alimentación ejerce una influencia primordial sobre el desarrollo y supervivencia de las larvas de los peneidos (Hudinaga, 1942). Es conocido que

en los últimos años han tenido lugar logros apreciables en la obtención masiva de larvas donde se ha considerado la forma de producción de alimento como un factor limitante, por lo que se hace necesario lograr nuevos avances para hacer más rentable el proceso de producción de larvas.

Los mayores conocimientos que ha acumulado la camaronicultura mundial en relación con la alimentación de larvas se relacionan con especies como *P. japonicus* Bate, 1888 (Kentouri, 1981; Huang; 1983), *P. monodon* Fabricius, 1798 (Mochizuki, 1978; Platon, 1978; SEAFDEC, 1983), *P. duorarum* Burkenroad, 1939 (Ewald, 1965; Angell, 1977), *P. setiferus* (Linnaeus), 1761 (Neal, 1970; Winkelfeld et al., 1982), *P. aztecus* Ives, 1891 (Cook y Murphy, 1966; Mock y Murphy, 1970) y *P. stylirostris* Stimpson, 1871 (Simon, 1978; Mock et al., 1980; Ramos y Martínez, 1984).

Durante los últimos 10 años la producción de camarón cultivado se ha incrementado a nivel mundial. Un incierto abastecimiento y una gran dependencia de las postlarvas silvestres, ha alentado la elaboración de tecnología para el cultivo de larvas de camarones peneidos. El desarrollo de las larvas se caracteriza por un determinado número de estadios, cada uno de ellos requiere diferentes regimenes de alimentación de acuerdo al comportamiento, morfología y requerimientos nutricionales. La necesidad de una fuente de proteína animal como un componente de las dietas larvales fue reconocido primero por Hudinaga (1942). El alimento más comúnmente elegido para satisfacer esta necesidad ha sido el camarón duende, *Artemia* (Sorgeloos, 1980).

El cultivar larvas de camarones peneidos con éxito, depende, principalmente, de la provisión del alimento vivo conveniente. El camarón cultivado en los estadios de mysis y primeras etapas de postlarva es frecuentemente alimentado

con nauplios vivos de *Artemia* (Liao et al., 1983), debido al alto valor nutritivo de estos, adecuado tamaño, conveniencia en el manejo y disponibilidad en grandes cantidades. Sin embargo, el uso de esta extendida fuente de alimento rara vez ha sido optimizada, dado que el comportamiento alimenticio de las larvas de camarón sobre los nauplios de *Artemia* es poco conocido aunque en los últimos años este aspecto de la biología de los camarones ha llamado la atención de varios autores (Gopalakrishnan, 1976; Emerson, 1984; Yáfera et al., 1984; Yáfera y Rodríguez, 1985; Chu y Shing, 1986; Samocha et al., 1989).

3 BIOLOGIA DEL CAMARON AZUL *Penaeus stylirostris*

3.1 Generalidades.

Se han descrito más de 320 especies de camarones penéidos (Burukovskii, 1985), de las cuales el 30% aproximadamente corresponden al género *Penaeus* Fabricius, 1798, dividido a su vez en 5 subgéneros: *Litopenaeus*, *Parfantepenaeus*, *Melicertus*, *Fenneropenaeus* y *Marsupenaeus*. Todos ellos de importancia comercial (Holthuis, 1980).

Las principales especies que se explotan comercialmente en la costa occidental de México son: *Penaeus (Parfantepenaeus) californiensis* (Holmes), 1900, *P. (Litopenaeus) stylirostris* Stimpson, 1871 y *P. (L.) vannamei* Boone, 1931 (Rodríguez de la Cruz, 1981).

3.2 Diagnósis.

Camarones no acanalados, fórmula rostral 2-7/3-8, con 3 dientes cefalotorácicos, el diente distal dorso-rostral es anterior a los dientes ventro-rostrales. Flagelos antenulares desiguales y de mayor tamaño que el protopodito. Tálco de tipo abierto con quilla longitudinal en el esternito XIV. Petasma con costilla ventral más corta que la porción distal del lóbulo lateral (Pérez, 1970).

3.3 Distribución geográfica.

Especie del Pacífico oriental, desde punta Abreojos, B.C.S. hasta el norte de Tumbes, Perú, incluyendo la provincia sinus-californiana (Pérez, 1970).

3.4 Posición taxonómica.

Los taxones suprafamiliares son tomados de Bowman y Abele (1982); el resto de Burkenroad (1934).

Phyllum: ARTHROPODA

Subphyllum: CRUSTACEA

Clase: MALACOSTRACA

Subclase: EUMALACOSTRACA

Superorden: EUCARIDA

Orden: DECAPODA

Suborden: DENDROBRANCHIATA

Superfamilia: PENAEOIDA

Familia: PENAEIDAE

Subfamilia: PENAEINAE

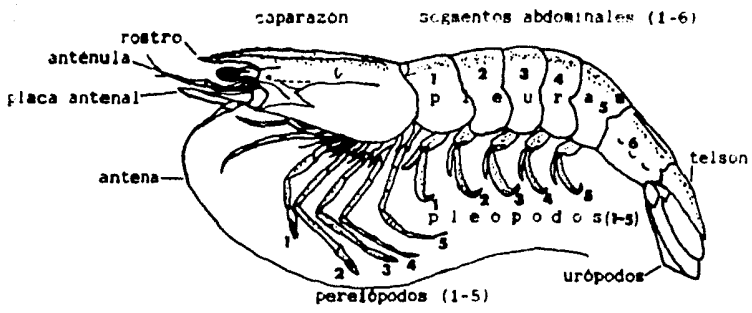
Género: *Penaeus*

Subgénero: *Litopenaeus*

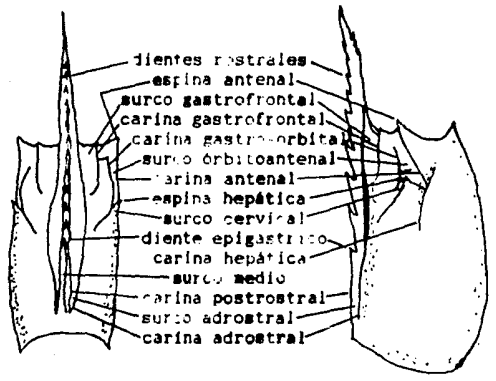
Especie: *Penaeus (Litopenaeus) stylirostris* Stimpson, 1871

3.5 Morfología interna y externa.

Facies caridoideo típico, cuerpo con telson terminal y dos tagmas diferenciables; pereión y pleón. Presentan apéndices birrámeos en número constante; antenulas, antenas, mandíbulas, maxilulas, maxilas, maxilípedos y pereópodos en el pereión ó cefalotórax; pleópodos y urópodos en el pleón ó abdomen (Fig. 1). El sistema circulatorio es de tipo abierto con corazón dorsal y sistema nervioso con cerebro trilobulado. El sistema digestivo es de tipo completo con estómago dividido en dos regiones: cardíaca y pilórica. El intestino es dorsal al cordón nervioso (Burukovskii, 1985).



a)



b)

Fig 1 Morfología externa de camarón adulto del género *Penaeus*.
 a) morfología externa; b) procesos y ornamentaciones del tórax
 (Modificado de CICTUS, 1984)

3.6 Reproducción.

La reproducción es gonocorista, es decir, presentando dimorfismo sexual secundario, donde la hembra adulta alcanza mayor talla que el macho. La hembra presenta tético abierto receptor del espermátforo y el macho endopoditos petasmales en el primer par de pleópodos, que funcionan como órganos copuladores (Pérez, 1970).

La edad de primera reproducción ocurre a los ocho meses en hembras de 40 g de peso corporal. Los machos maduran sexualmente primero que las hembras, presentando eventualmente esperma a los 10 g de peso corporal (AQUACOP, 1977).

3.7 Madurez ovárica.

El grado de madurez ovárica ha sido estudiado mediante la técnica de visualización del color, entre otras. Se observa que la gónada previo al desove es de color café rojiza y discernible a simple vista bajo los tergitos abdominales (AQUACOP, 1977).

La cópula entre individuos con cutícula endurecida, ocurre posterior al cortejo persecutorio del macho, el cual adhiere el espermátforo al tético de la hembra. Los óvulos salen a través de los gonoporos localizados en la coxa del tercer par de pereópodos. La fertilización es externa. El esperma es liberado del espermátforo simultáneamente con la expulsión de los óvulos.

En condiciones estándar de laboratorio, una hembra desova en promedio 100 000 huevos, equivalente al 10-20% de la fertilidad en poblaciones silvestres (Rodríguez de la Cruz, 1976). La hembra puede desovar repetidas veces (CICTUS, 1983).

3.8 Desarrollo embrionario y larvario.

Los estadios larvarios de *Penaeus stylirostris* han sido descritos por Kitani (1986a).

HUEVO: Los huevos viables de *P. stylirostris* son translúcidos y de forma esférica, con un diámetro promedio de 0.270 mm (Almada, 1983). Al eclosionar la larva nauplio, rompe la membrana coriónica mediante un par de espinas caudales 12 a 15 horas después de ocurrido el desove.

NAUPLIO: El estadio naupliar presenta seis subestadios (Fig. 2), con duración de 38-40 horas a 28-29 °C. Las diferencias principales entre los subestadios consisten en el número de espinas furcales (NEF) y del número de setas del exopodito de la antena (NSEA). El aparato digestivo es incompleto y el nauplio se alimenta de las reservas vitelinas. Otras características se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.- Características morfológicas de los subestadios nauplio del camarón azul *Penaeus stylirostris*.

SUBESTADIO	TAMAÑO PROMEDIO (mm)	NEF	NSEA	OTRAS CARACTERÍSTICAS
N ₁	0.36	1+1	5	Setas lisas; una espinula dorso-medial posterior.
N ₂	0.38	1+1	6	Setas con cerdas.
N ₃	0.38	3+3	7	Maxilula y maxila en formación.
N ₄	0.40	4+4	9	Apéndices ventrales rudimentarios y birrámeos.
N ₅	0.41	6+6	10	Apéndices rudimentarios; órganos frontales presentes.
N ₆	0.48	7+7	12	Caparazón rudimentario.

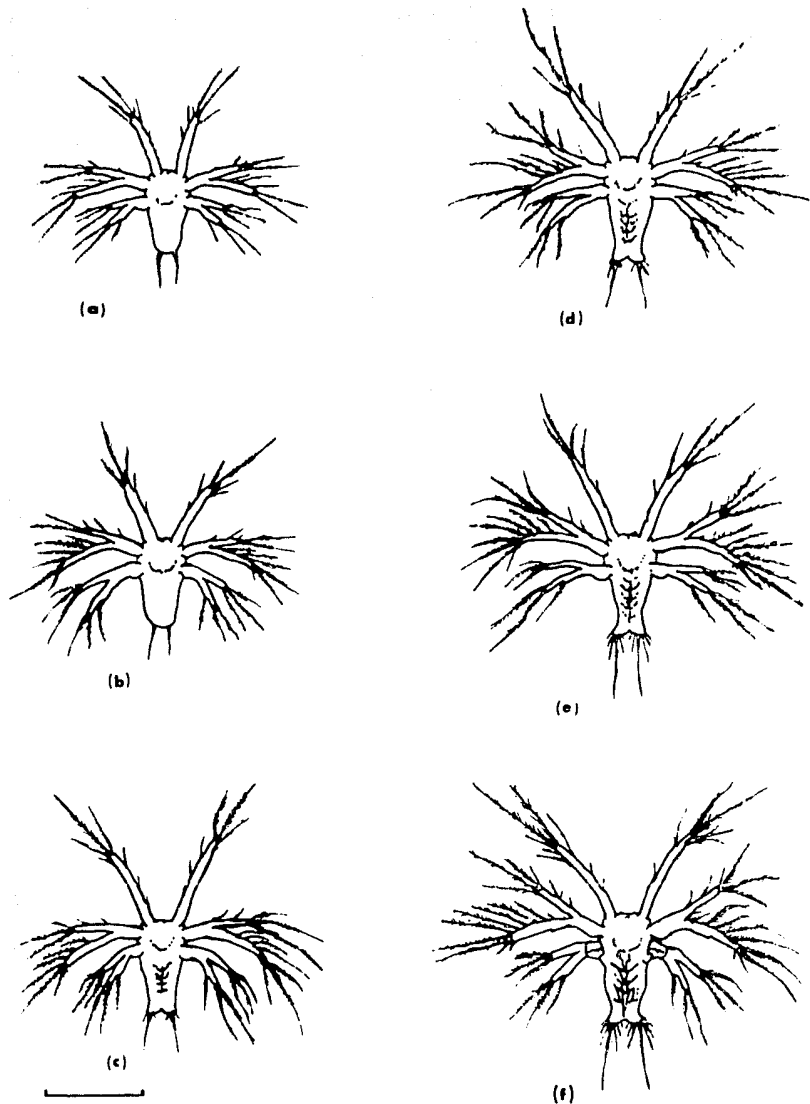


Fig. 21. Vista ventral de los subestadios nauplios 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d), 5 (e) y 6 (f) de *E. stylirostris*. (Modificado de Kitani, 1966a). Escala 0.1 mm en todos los casos.

PROTOZOEA: El estadio protozoa tiene una duración de 120 horas, pasando por tres subestadios con características morfológicas que le dan más movilidad que en el estadio anterior (Fig. 3).

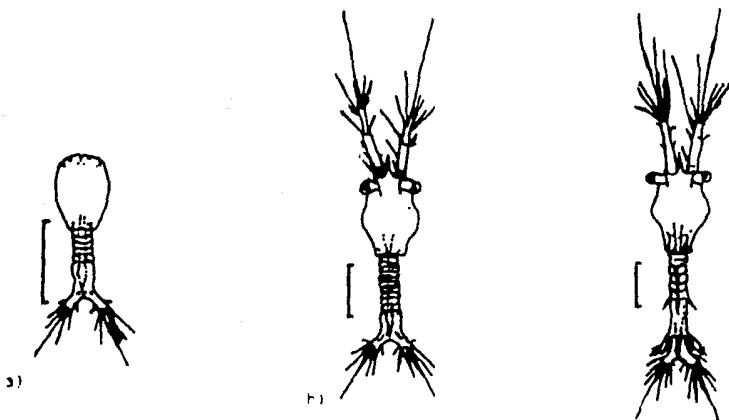


Fig. 3.- Vista dorsal de los subestadios protozoa 1(a), 2(b) y 3(c) de *P. stylireptis*. (Modificado de Kitani 1966a) Escala 0.5 mm.

El aparato digestivo es funcional, y la alimentación se realiza mediante filtración de microalgas. La tabla 2 resume las principales características del estadio de protozoa.

Tabla 2.- Características morfológicas de los subestadios protozoa del camarón azul *Penaeus stylirostris*.

SUBESTADIO	TAMANO PROMEDIO (mm)	OTRAS CARACTERISTICAS
Pz ₁	0.91	Caparazón dorsal cubre la porción anterior, ojos sésiles.
Pz ₂	1.72	Ojos pedunculados; rostro y espina supraorbital bifurcada.
Pz ₃	2.26	Espina supraorbital simple; urópodos birrámeos; espinas en tergitos abdominales.

MYSIS: En este estadio la larva asume un aspecto similar al adulto, con una duración de 120 horas, pasando por tres subestadios fácilmente discernibles entre sí (Fig. 4).

Los hábitos alimenticios se modifican gradualmente de fitoplanctófago a zooplanctófago. En la tabla 3 se muestran otras características del estadio mysis.

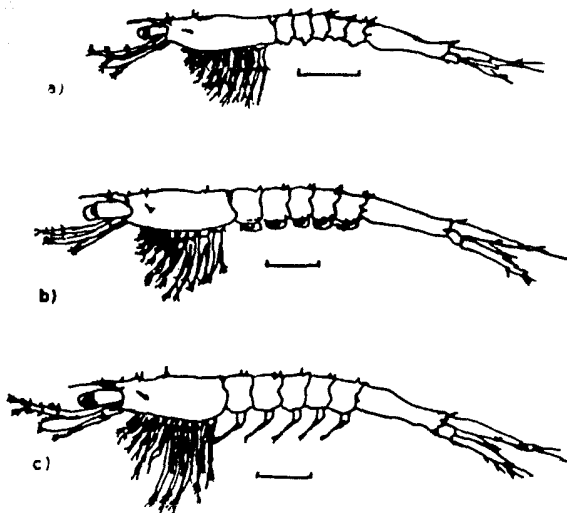


Fig. 4 Vista lateral de los subestadios mysis 1(a), 2(b) y 3(c) de *P. stylirostris*. (Modificado de Kitaní, 1986a). Escala: 5 mm.

Tabla 3.- Características morfológicas de los subestadios mysis del camarón azul *Penaeus stylirostris*.

SUBESTADIO	TAMAÑO PROMEDIO (mm)	OTRAS CARACTERÍSTICAS
M ₁	2.9	Pereiópodos y telson funcionales; pleópodos vestigiales.
M ₂	3.5	Desarrollo de pleópodos unirrámeos.
M ₃	3.8	Pleópodos con dos artejos y pequeñas setas terminales.

POSTLARVA: El tamaño de la primera postlarva (Pl_1) es, en promedio, de 4.1 mm, esta se presenta 15 días después del primer nauplio, su aspecto es virtualmente el de un adulto (Fig. 5).

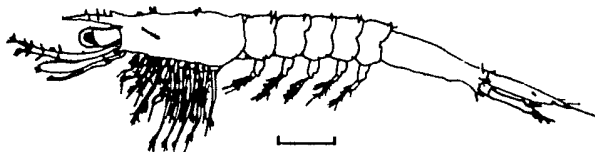


Fig. 5.- Vista lateral de la primera postlarva (Pl_1) de *Penaeus stylirostris*. (Modificada de Kitani, 1986a) Escala 0.5 mm.

No hay cambios morfológicos drásticos de mysis a postlarva. Los pleópodos son funcionales y los pereópodos han perdido los exopoditos. Mientras la larva mysis balancea su cuerpo en posición vertical con la cabeza hacia abajo, la primera postlarva muestra el patrón normal de natación, manteniendo su cuerpo horizontalmente.

Los pleópodos se desarrollan como principales órganos de natación y presentan setas en el segmento basal y distal, lo cual le permite modificar su hábitat pelágico temporal a hábitat bentónico aproximadamente en los primeros seis días (Pl_6).

3.9 Ciclo de vida.

Los adultos de *P. stylirostris* (aproximadamente 170 mm) se reproducen en ambientes oceánicos y el desove se realiza en aguas someras cercanas a la costa. Allí se desarrollan sucesivamente los estadios larvales de nauplio, protozoa y mysis. Las postlarvas ingresan a los sistemas estuarinos (Fig. 6), los cuales operan como áreas de crianza (Rodríguez de la Cruz, 1981; Menz, 1976).

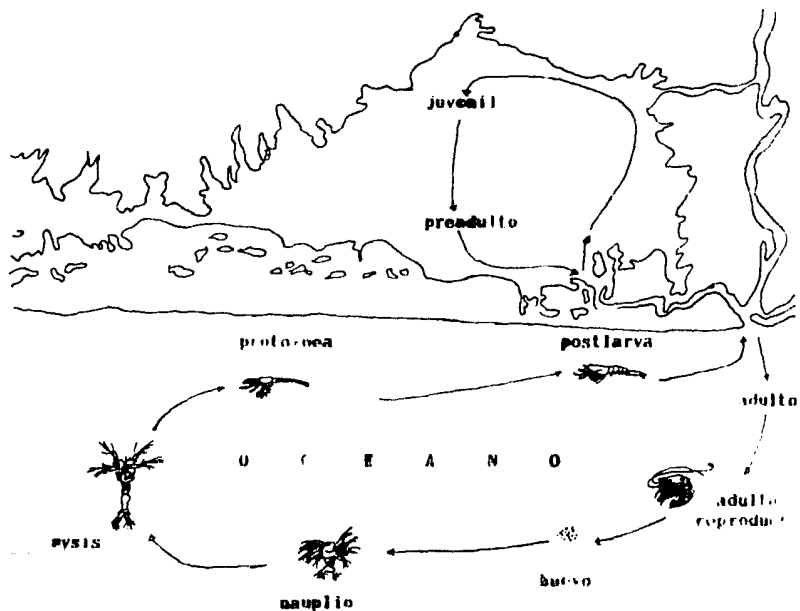


Fig. 6. Ciclo de vida del camarón azul *Penaeus stylirostris* (Modificado de Sepúlveda, 1981).

4 BIOLOGIA DE *Artemia*

4.1 Generalidades.

Desde que Seale (1933) y Rolletsen (1939) mencionaron acerca del fácil manejo y alto valor nutricional de los nauplios de *Artemia* para organismos acuáticos, su uso en la acuicultura ha aumentado exponencialmente. Las ventajas que este organismo presenta como fuente de alimento son muchas, entre las cuales destacan las siguientes: 1) bajo ciertas condiciones se reproduce por medio de huevos enquistados de alta durabilidad y de fácil almacenamiento; 2) los nauplios eclosionan fácilmente y su movimiento natatorio atrae al depredador; 3) son de tamaño adecuado para casi todas las etapas críticas (larvas y postlarvas) del cultivo de crustáceos; 4) son fácilmente digeridos y tienen una composición bioquímica cercana a la óptima para los requerimientos de los organismos acuáticos bajo cultivo.

El nauplio es la forma de la *Artemia* que más se emplea comercialmente como alimento para especies cultivadas, principalmente para abastecer las etapas larvarias, aunque recientemente se comienzan a utilizar también los juveniles y adultos de *Artemia*, disponibles ya comercialmente (Lai y Lavens, 1987). Desde que Shigueno (1975) señaló el uso de los nauplios para alimentar el estadio mysis de *Penaeus japonicus*, los nauplios de *Artemia* se utilizan para alimentar al camarón desde protozoa hasta postlarva. Existe amplia información sobre la utilización de *Artemia* para la acuicultura (Sorgeloos, 1980; Liao et al 1983; Abreu, 1987a); también se dispone de manuales muy completos (Castro y Gallardo, 1985; Sorgeloos et al., 1986) que describen las diferentes metodologías para el uso de *Artemia*.

4.2 Morfología.

Artemia es un crustáceo anostraco de la subclase Branchiopoda, cuyo rasgo morfológico característico es la presencia de once pares de apéndices torácicos llamados filópodos. Su cuerpo se divide en tres partes:

- 1) La cabeza, formada por cinco segmentos fusionados; en ella se encuentran los dos ojos compuestos, el ocelo (en el centro), las antenas o segundas antenas y más centralmente las primeras antenas ó antenas verdaderas que se van a transformar, en el macho, en apéndices prensiles.
- 2) El tórax está formado por once segmentos bien definidos, dotado cada uno de un par de apéndices foliáceos llamados filópodos (toracópodos); estos sirven como órganos natatorios, respiratorios y filtradores.
- 3) El abdomen está formado por ocho segmentos ápodos; los más próximos al tórax son los segmentos genitales y al final se localiza el telson, provisto de la furca caudal (Fig. 7).

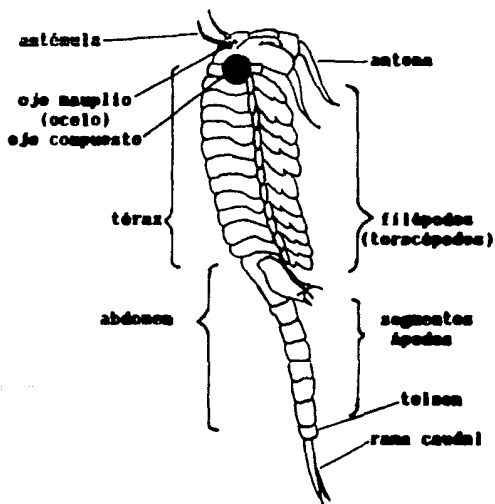


Fig. 7.- Características morfológicas del adulto de *Artemia*. (Tomado de Castro y Callardo, 1985).

4.3 Posición taxonómica.

Tomada de Bowen y Sterling (1978), Bowman y Abele (1982) y Sorgeloos et al., 1986.

Phyllum: ARTHROPODA

Clase: CRUSTACEA

Subclase: BRANCHIOPODA

Orden: ANOSTRACA

Familia: ARTEMIIDAE

Género: *Artemia* (Leach, 1819)

Los nombres específicos de *Artemia* presentan algunas dificultades. El cruzamiento experimental entre diferentes poblaciones de *Artemia* ha revelado aislamiento reproductivo de varios grupos de poblaciones (Barigozzi, 1974). Además se reconoce la existencia de especies gemelas a las cuales se les ha dado diferentes nombres taxonómicos (Bowen et al., 1978). Entre las cepas bisexuales o zigogénicas de *Artemia* (poblaciones compuestas de machos y hembras) se han descrito las siguientes especies:

- 1) *Artemia salina* Linnaeus, 1758: Lymington, Inglaterra (extinta).
- 2) *Artemia tunisiana* Bowen y Sterling, 1978: Europa (probablemente sinónimo de *A. salina*).
- 3) *Artemia franciscana* Kellog, 1906: Norteamérica, Caribe y costa del Pacífico de Sudamérica.
- 4) *Artemia persimilis* Piccinelli y Proedocimi, 1968: Argentina.
- 5) *Artemia urmiana* Gunther, 1900: Lago Urmia, Iran.
- 6) *Artemia monica* Verrill, 1869: Lago Mono, California, E.U.A.

Algunas cepas partenogenéticas (poblaciones compuestas exclusivamente de hembras capaces de reproducirse sin la participación de machos) se encuentran en Europa y Asia. Estas tienen importantes diferencias genéticas (Abreu, 1987b). Sin embargo su clasificación taxonómica cae bajo una única categoría: "*Artemia parthenogenetica*".

Por lo tanto se ha sugerido que, excepto en el caso de las especies zigogenéticas que pueden ser exactamente identificadas, y hasta que la especiación en *Artemia* sea más claramente entendida (especialmente en cepas partenogenéticas), solamente deberá usarse la designación genérica *Artemia*.

4.4 Distribución geográfica.

Se han encontrado poblaciones de *Artemia* en más de 300 lugares alrededor del mundo, de los cuales 154 cuentan con poblaciones naturales. Sorgeloos *et al.* (1986) señalan las localidades a nivel mundial donde se han encontrado las poblaciones de *Artemia*.

En el continente Americano se tiene conocimiento de 71 lugares en Norteamérica (Canadá y Estados Unidos), que es la parte más estudiada. En Sudamérica, sólo se conocen 19 lugares y en Centroamérica 11. Hasta 1982, Castro y Gallardo (1985) tenían registradas, para México, 17 poblaciones naturales distribuidas en los lugares señalados en la tabla 4.

Tabla 4.- Distribucion de las poblaciones de *Artemia* en México. Tomada de Castro y Gallardo (1985).

ESTADO	L U G A R
Baja California Sur	Guerrero Negro, Pichilingue e Isla del Carmen.
Sonora	Yavaros.
Sinaloa	Bahía de Ceuta.
Oaxaca	Salina Cruz.
San Luis Potosí	Las Salinas.
Chiapas	Sistema lagunario de Laguna del Mar Muerto, La Joya, Buenavista, Los Palos, Solo Dios, Carretas, Pereyra, Chanchuto y Panzacola.
Yucatán	San Crisanto.

4.5 Biología.

Artemia prospera muy bien en agua de mar, pero no posee ningún mecanismo anatómico de defensa contra depredadores. Por esto, es presa fácil de las especies carnívoras (peces, crustáceos e insectos). Sin embargo, a través de su adaptación fisiológica a biotópos con altas salinidades, apoyado en el sistema osmoregulatorio más eficiente que se conoce en el reino animal (Croghan, 1958). *Artemia* ha desarrollado un mecanismo ecológico contra la predación.

Artemia es capaz de sintetizar pigmentos respiratorios (hemoglobina) para hacer frente a los bajos niveles de oxígeno que prevalecen a altas salinidades

(Gilchrist, 1954); y tiene habilidad para producir quistes latentes cuando las condiciones ambientales ponen en peligro la sobrevivencia de la especie.

Por lo tanto, *Artemia* sólo se establece permanentemente en salinidades por arriba de las 70 ‰ donde sus depredadores no pueden sobrevivir. En cambio, como resultado de la tensión fisiológica extrema y la toxicidad del agua (causada por cambios drásticos en la composición iónica) *Artemia* muere en salinidades (250 ‰ para arriba) cercanas a la saturación del NaCl (Gilchrist, 1954).

Entonces, la permanencia de *Artemia* en poblaciones naturales esta limitada a biotopos donde las salinidades son siempre lo suficientemente altas como para mantener fuera los depredadores ó donde las bajas temperaturas del invierno, cuando la salinidad baja como resultado de las lluvias, aseguran el estado ametabólico de los quistes hidratados.

Los climas con estación de lluvias y estiaje extremas, pueden proveer las condiciones apropiadas para la ocurrencia de *Artemia* pero sólo durante la época de estiaje, como son miles de hectáreas de salinas en países tropicales, por ejemplo. Sin embargo, *Artemia* puede no persistir como resultado de la predación durante la época de lluvias, cuando ocurren bajas salinidades y altas temperaturas.

El transporte de los quistes son el origen de la distribución mundial de *Artemia*. El viento tanto como las aves acuáticas (Löffler, 1964) son considerados los vectores más importantes de dispersión natural. No obstante, en tiempos recientes, el hombre ha sido el responsable de algunas

transplantaciones de *Artemia* hacia salinas de América del Sur y Australia con propósitos relacionados con la producción salinera y acuacultural (Sorgeloos, 1979).

4.6 Reproducción.

La mayor parte de la información presentada en este y los dos apartados subsiguientes fue recopilada de los trabajos de Castro y Gallardo (1985) y Sorgeloos et al (1986).

Según la especie, *Artemia* se reproduce por partenogénesis ó sexualmente. Ninguna especie puede alternar entre estas dos formas de reproducción. Tanto las cepas bisexuales como las partenogenéticas se pueden reproducir ovovivipara u ovíparamente.

En las hembras partenogenéticas los óvulos se desarrollan dentro del ovisaco hasta el estadio de gástrula y son enquistados, ó bien alcanzan el estado de nauplio y son liberados por la hembra. En el caso de la ovoviviparidad, se han observado hembras que expulsan 300 nauplios cada 5 días durante toda su vida, la cual puede prolongarse de 8 a 12 meses.

Durante el proceso de oviparidad, la glándula de la cáscara ó glándula de Brown desarrolla gran actividad para secretar la sustancia que forma la concha ó cascarón de los quistes, antes de ser liberados por la hembra.

Para la reproducción sexual, la hembra tiene que ser fertilizada. El macho la sujeta con sus apéndices prensiles por detrás de los apéndices torácicos,

quedando en la posición llamada de monta y así pueden permanecer unidos hasta seis días. El macho dobla el abdomen e introduce uno de los penes; estas inician la fertilización cuando los óvulos están localizados en los oviductos.

Aun no se han observado producciones mixtas de nauplios y quistes. Los quistes recién liberados por la hembra no eclosionan inmediatamente aunque las condiciones sean favorables; es necesario que estos pasen por una etapa de diapausa (latencia), normalmente desactivada después de una deshidratación seguida por una re-hidratación.

4.7 Criptobiosis.

El quiste de *Artemia* es un estado de desarrollo embrionario en etapa de gástrula; contiene de 3 000 a 4 000 células, protegidas por una membrana externa. Por abajo de esta, se encuentra la capa cortical, que presenta canales orientados radialmente, con un espesor de 0.7 a 1.5 μm . Esta capa la protege de las radiaciones ultravioleta y contra rupturas mecánicas. Le sigue la capa alveolar con grosor de 4 a 6 μm ; esta capa presenta espacios llenos de aire, que le permiten flotar y dispersarse en el agua.

Las tres capas constituyen la envoltura terciaria (fig. 8), que es permeable y tiene una gran capacidad para hidratarse y deshidratarse. Más profundamente se encuentra la cutícula embrionaria, transparente y elástica. El diámetro de los quistes varía dependiendo de cada cepa, pero en promedio varía de 200 a 270 μm . Pesan aproximadamente entre 2.8 a 4.0 μg .

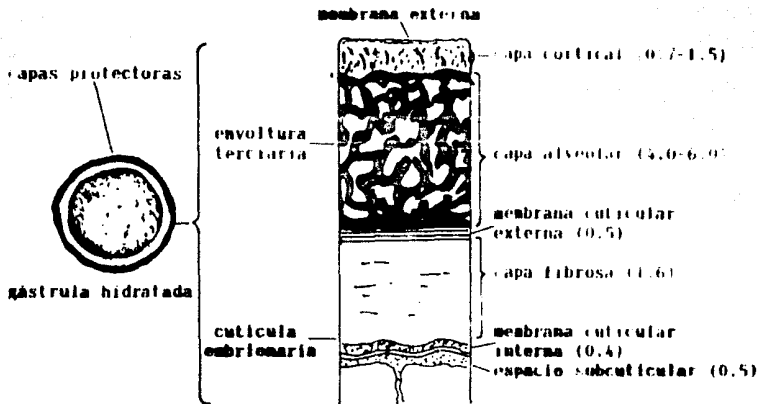


Fig. 8.- Diagrama de la ultraestructura de las capas protectoras de una gástrula coquistada de *Artemia*. Unidades en milímetros de micrómetros. (Tomado de De Clegg y Costa, 1966)

Los quistes, cuando se encuentran en estado de diapausa, tienen la apariencia de balones desinflados, que al ponerse en contacto con el agua e hidratarse la capa cortical toman una forma esférica. Los quistes son altamente higroscópicos; al colocarse en agua, se hidratan y reinician el metabolismo suspendido en etapa de gástrula. La permanencia en estado de diapausa es generalmente por largos periodos. Se ha visto que algunos quistes guardados durante más de 10 años aún permanecen viables.

El quiste al hidratarse aumenta su peso en un 200%. Después de 8 a 16 horas en condiciones óptimas, o hasta 36 horas en condiciones menos favorables, el embrión, parcialmente formado como nauplio y aún envuelto por una membrana embrionaria, sale lentamente, rompiendo siempre la capsula cortical por la región de la cabeza. Esta etapa presenta una forma característica de "paraguas" y se designa como etapa I (E_1).

La larva que sale de la capsula todavía se encuentra protegida por la membrana embrionaria y se le llama etapa II (E_{II}). Después de aproximadamente dos horas, viene la eclosión y aparece la larva nauplio nadando ya libremente. El aparato digestivo de los nauplios eclosionados no funciona y vive a expensas del vitelo. Después de 36 horas, empieza a alimentarse.

Para facilitar la eclosión de los nauplios, se recomienda descapsular los quistes. Los quistes descapsulados son quistes cuyo corión (membrana externa) ha sido eliminado. En algunos casos, estos quistes se utilizan para alimentar directamente algunos peces y crustáceos, en lugar de nauplios recién eclosionados. La descapsulación se logra tratando los quistes con sustancias tales como el hipoclorito de sodio (NaOCl) ó el hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$). La solución de descapsulación se prepara con agua de mar a 35 ‰ y debe mantenerse entre 15 y 20 °C durante la descapsulación.

Desde el punto de vista comercial, es importante considerar la calidad de los quistes que se compran, ya que de ésta va a depender el rendimiento real que se obtenga de un lote o marca dada. Se han establecido cuatro criterios para determinar la calidad de los quistes de *Artemia*:

- 1) *La tasa de eclosión:* es una medida del periodo transcurrido desde la incubación hasta la obtención de nauplios.
- 2) *El porcentaje de eclosión:* es el número de nauplios que se originan de cada cien quistes.
- 3) *La eficiencia de eclosión:* se mide por el número de nauplios que se obtienen de un gramo de quistes durante un tiempo determinado. Este criterio es importante porque tiene relación estrecha con el grado de limpieza de una muestra determinada.
- 4) *El rendimiento de eclosión:* se determina multiplicando la eficiencia de eclosión por los μg de peso seco de un nauplio de una cepa en particular. Se sabe que el peso seco de los nauplios es característico de cada cepa.

4.8 Ciclo de vida.

Existen divergencias de opinión en cuanto al número de estadios por los que atraviesa *Artemia*. Algunos hacen mención de 15 etapas, para otros 16 y hasta 18. Considerando el aspecto práctico, en el desarrollo morfológico de *Artemia* es difícil distinguir un estadio 14 de uno 15 ó 16. Para la finalidad de este trabajo no es conveniente entrar en detalles; sólo se mencionarán los aspectos sobresalientes en las diversas etapas del ciclo biológico, que dura normalmente de 14 a 30 días, dependiendo de las condiciones ambientales

En la etapa de nauplio I (N₁), el embrión es de color marrón naranja por la presencia del vitelo y de los carotenos. Su estructura presenta tres pares de apéndices (Fig. 9).

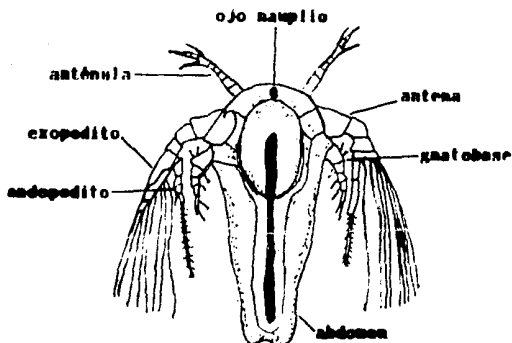


Fig. 9.- Vista ventral de nauplio de *Artemia* recién eclosionado. (Tomado de Booth, 1924).

La larva continúa su crecimiento y en el primer día de vida se nutre de sus reservas vitelinas. Al llegar a las fases de metanauplio, se empieza a alimentar del medio externo. La primera muda que sufre la larva da origen al estadio metanauplio₁ (M₁), el cual progresivamente se va transformando en juvenil y después en adulto (Fig. 10).

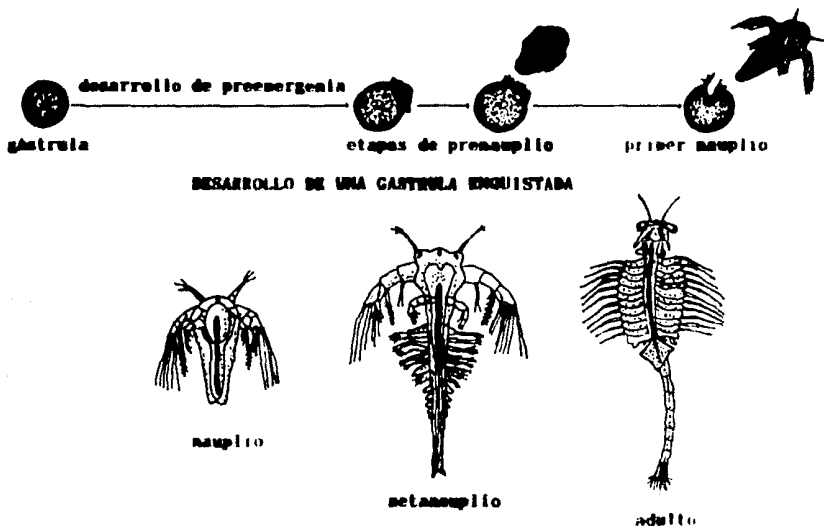


Fig. 10.- Diversas etapas en el ciclo biológico de *Artemia*. (Adaptado de De Clegg y Conte, 1980; Castro y Gallardo, 1985).

Los primeros estadios del desarrollo de *Artemia* tienen el cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen. En el tórax se observan lóbulos laterales, que al desarrollarse forman los 11 toracópodos. El abdomen posee una furca terminal, la cual es similar en machos y hembras.

Alrededor del 10° estadio, los machos sufren un cambio completo en la morfología del segundo par de antenas. También se pierden las cerdas de los exopoditos y se desarrollan sus músculos, convirtiéndose en unos fuertes apéndices prensiles. En las hembras no ocurre esto y las antenas funcionan como órganos sensoriales durante toda su vida. Al llegar al estado adulto, *Artemia* puede medir entre 17 y 18 mm, presentando una gran variedad de tonos, dependiendo del alimento y la salinidad.

5 OBJETIVOS

El presente trabajo se realizó con la finalidad de cultivar los estadios larvales sucesivos del camarón azul, *Penaeus stylirostris*, alimentados con nauplios de *Artemia* en condiciones de laboratorio, para llegar a los siguientes objetivos:

- a) Conocer las dimensiones en longitud cefalotorácica, longitud total y peso seco de los diferentes estadios larvales de *P. stylirostris*.
- b) Establecer las relaciones morfométricas entre la longitud cefalotorácica, longitud total y peso seco de las larvas de *P. stylirostris*.
- d) Estimar la tasa de crecimiento de larvas en longitud y peso seco y conocer el índice de desarrollo larvario del camarón azul *P. stylirostris*.
- e) Conocer la tasa de ingestión de nauplios de *Artemia* y determinar la ración óptima en la alimentación de las larvas de *P. stylirostris*.
- f) Evaluar el efecto de diferentes raciones de nauplios de *Artemia* sobre el desarrollo y crecimiento de las larvas de *P. stylirostris*.
- g) Calcular la eficiencia bruta de crecimiento de las larvas.
- h) Realizar una aproximación de la demanda de nauplios de *Artemia* en el cultivo de camarón en Sinaloa de acuerdo al programa de SEPESCA.

6) MATERIAL Y METODOS

El experimento se desarrollo en dos fases. La primera, para obtener información básica y detallada acerca del crecimiento y morfometria de las larvas de camarón. Estos datos fueron necesarios para el seguimiento del efecto de diferentes raciones de nauplios de *Artemia* en la alimentación de larvas de camarón, que constituyó la segunda parte del trabajo.

6.1 Estudio de un cultivo comercial de postlarvas de *Penaeus stylirostris*.

Para conocer la metodología empleada en la producción comercial de postlarvas de *P. stylirostris*, además de obtener información sobre los cambios en talla y peso seco de las mismas manifiestan durante su desarrollo, se estudio el sistema de cultivo utilizado en la UEP del CICTUS.

La producción de postlarvas se realiza en tanques de 3 000 l, con sistema abierto y recambio total de agua cada tercer día, utilizando una variante del método Japonés, conocida como "bicultivo" (Walter Dioni, com. pers.). El sistema completo de producción de postlarvas a escala comercial es ampliamente descrito en CICTUS (1984).

Se llevo un registro diario de la salinidad usando un refractómetro AO con precisión de 1 ‰, y de la temperatura con un termómetro Taylor de 0 a 50 °C y precisión de 0.1 °C.

Las larvas de *P. stylirostris* se alimentaron en las etapas de nauplio a protozoa con microalgas de los generos *Chaetoceros* y *Skeletonema*. A partir de la última etapa de protozoa, se cambió el alimento por nauplios de *Artemia*, manteniéndose así hasta llegar a postlarva.

De los tanques de producción se tomaron diariamente cerca de 50 larvas de camarón azul *P. stylirostris* para conocer en qué estadio se encontraban (utilizando el trabajo de Kitani, 1986a) y medirlas, después de anestesiárlas con eugenol. Se determinó la longitud total (LT) de la punta del rostro a la del telson y la longitud cefalotorácica (LC) de la punta del rostro al margen posterior del cefalotórax (Fig. 11). Las mediciones se realizaron colocando cada larva ventralmente sobre un portaobjetos, para enseguida, utilizando un microscopio binocular Zeiss con un micrómetro ocular graduado, realizar la medición. Dicho ocular había sido calibrado previamente como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Valores de calibración del micrómetro utilizado en la medición de las larvas de *Penaeus stylirostris*.

OCULAR	UNIDADES MICROMETRO	EQUIVALENCIA UNITARIA U. MICROMETRO/mm
1.0x	9.9	1.01
1.2x	9.5	0.79
1.6x	9.0	0.61
2.0x	9.2	0.49
2.5x	8.9	0.39
3.2x	8.2	0.305
4.0x	8.5	0.235

Para el caso particular de los huevos y nauplios sólo se determinó una medida, tomando el diámetro de los primeros y la longitud total para los nauplios, tomada esta, desde la región más anterior de la cabeza a la bifurcación del proceso caudal (Fig. 11).

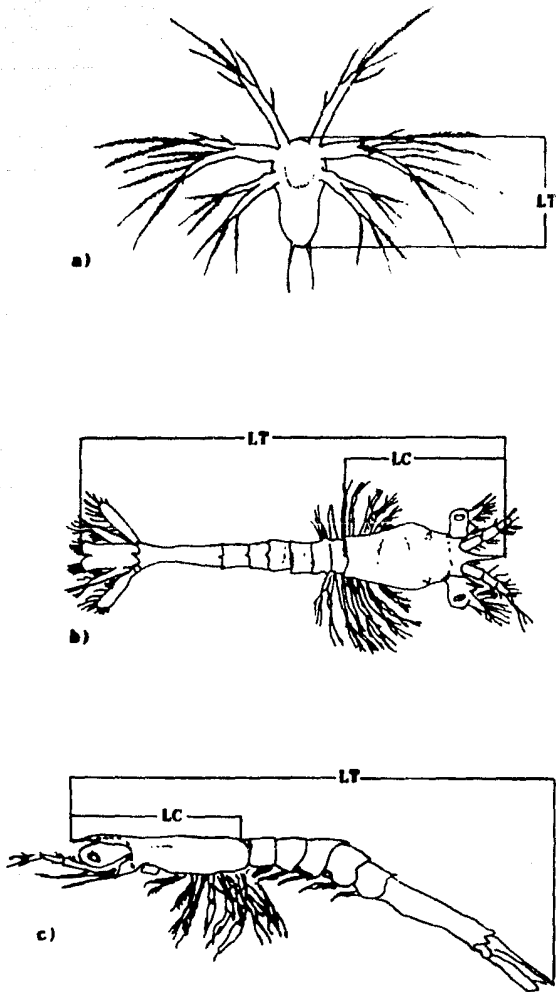


Fig. 11 Diagrama esquemático de larvas de camarón del género *Penaeus* para mostrar la forma en que se realizaron las mediciones de longitud total (LT) y longitud cefalotorácica (LC). a) neupilio; vista ventral. b) protozoen; vista dorsal y c) postlarva; vista lateral.

Después de obtener las tallas de las larvas, estas eran lavadas en agua destilada. Enseguida fueron trasladadas a un horno, en charolas de aluminio previamente taradas, donde permanecieron 48 horas a 60 ± 1 °C (Lovegrove, 1962), y después de dejarlas enfriar en un desecador para minimizar la absorción de humedad. Se obtuvo el peso seco (PS) utilizando una electrobalanza Cahn modelo 4400 con precisión de ± 0.0002 mg.

Se empleó el peso seco como estimación de biomasa en vez del peso húmedo, ya que este último registra variaciones considerables, debido a la absorción de agua del medio durante algunas etapas del proceso de muda característico de los crustáceos (Passano, 1960).

Los valores de longitud total (LT), longitud cefalotorácica (LC) y peso seco (PS) se utilizaron para obtener las relaciones entre las longitudes y peso seco-longitud. Para ello se construyeron los diagramas de dispersión correspondientes y se ajustaron a modelos matemáticos de acuerdo con la tendencia observada. En el primer caso (tallas) se ajustaron al modelo lineal $LT = a + bLC$ y el último (peso seco-talla) se ajustó a un modelo de tipo potencial $PS = a(L)^b$, de acuerdo con Ricker (1975), donde:

LT=Longitud total

LC=Longitud cefalotorácica

PS=Peso seco

a=Ordenada al origen

b=Pendiente de la línea de regresión lineal

A su vez, la ordenada (a) en la relación potencial peso seco-longitud se tomó como "factor de condición" (Ricker, 1975), tratando los datos por estadio

arvario. La pendiente (b) es una constante que determina la proporcionalidad de los incrementos de longitud respecto al peso. El valor de esta constante fluctúa en especies comerciales entre 2 y 4. Un valor de (b) igual a 3 describe un crecimiento isométrico; si es mayor ó menor a 3, el crecimiento se considera alométrico (Guzmán,1987).

La ecuación potencial que relaciona peso seco-longitud puede transformarse en lineal mediante el uso de logaritmos base 10, por lo que se tiene:

$$\log PS = \log a + b (\log L).$$

El crecimiento se determinó con base en la media diaria de los valores de longitud total (LT), longitud cefalotorácica (LC) y peso seco (PS). Para el análisis de poblaciones conviene expresar el crecimiento en forma de una expresión matemática. El requisito básico es obtener una expresión que proporcione el tamaño (en longitud o peso) de un organismo en función de la edad. Esa expresión debe ser acorde con los datos observados y debe tener una forma matemática que pueda ser incorporada con suficiente facilidad en expresiones utilizadas para el análisis de poblaciones.

Otra característica deseable en una ecuación de crecimiento es que el número de constantes utilizadas no sea excesivo, que en la medida de lo posible estas constantes tengan un significado biológico, y que si se extrapola más allá de las edades observadas, nos lleve a resultados razonables (Gulland, 1971).

En la determinación y análisis del crecimiento en poblaciones pesqueras se han desarrollado diversos modelos de crecimiento. Entre ellos, el de von Bertalanffy (Gulland, 1971) es el más usual, dado que satisface los dos más importantes criterios, se ajusta fácilmente a los datos observados de

crecimiento y puede integrarse con facilidad a modelos de evaluación de poblaciones. Por esto se obtuvieron las constantes de crecimiento para las larvas de *P. stylirosifris* de acuerdo a este modelo. La expresión matemática es la siguiente, para longitud y peso respectivamente:

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad P_t = P_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

Donde (L_t) y (P_t) son la longitud y el peso en la edad (t), (L_{∞}) y (P_{∞}) son la longitud y el peso promedio que los organismos podrían alcanzar en caso de crecer hasta una edad muy avanzada (de hecho, infinita); (k) es una constante relacionada con la tasa metabólica y por lo regular se le considera como "coeficiente de crecimiento".

La constante (t_0) representa el momento teórico en el cual el organismo inicia su crecimiento, por lo que sus valores pueden ser positivos ó negativos. Su significado biológico no es fácil de interpretar, pero se considera como el tiempo en el cual la longitud y el peso son cero, es decir, la "edad" hipotética que el organismo debiera haber tenido para que su longitud fuese cero si hubiera crecido siempre de acuerdo a la ecuación. Puesto que a la edad cero (esto es en el momento de nacer), el organismo ya tiene un cierto tamaño, (t_0) generalmente tiene un valor negativo. La (b) es una constante que representa la potencia a la cual el crecimiento en longitud es proporcional al crecimiento en peso y proviene de la ecuación que relaciona al peso con la longitud.

Este modelo propone que el crecimiento está en función de los parámetros (L_{∞}), (k) y (t_0), que pueden derivarse de los datos que relacionan la edad y la

talla. Para ello es necesario el uso de diversos métodos, de los cuales se utilizó el de Ford-Walford (Ricker, 1975).

El método Ford-Walford, inicialmente propuesto y desarrollado empíricamente por Ford y posteriormente modificado por Walford, se desarrolla de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$L_{t+1} = L(1-k) + kL_t$$

Esta describe un crecimiento en donde el incremento de longitud para cada edad es menor que en la edad anterior en una fracción $(1-k)$ de la última edad, partiendo de una longitud inicial $L(1-k)$ para la edad cero.

Walford representó gráficamente la ecuación anterior colocando, en el eje de las abscisas, la longitud (L_t) en la edad (t) y, en el eje de las ordenadas la longitud a la edad siguiente; esto es (L_{t+1}). Con esta serie de puntos, se realiza una regresión lineal de la forma:

$$Y = a + bx$$

Sustituyendo las variables de la ecuación anterior se reescribe como:

$$L_{t+1} = a + bL_t$$

La pendiente (b) es igual a e^{-k} , de donde se puede despejar la constante (k): $k = -\ln b$. Gráficamente, es posible obtener la longitud infinita (L_{∞}), si se traza una línea en el punto de intersección de la recta de regresión con la bisectriz. Este punto es llevado al eje de las ordenadas (L_t) donde se localiza

la longitud infinito. Matemáticamente, es posible conocer (L_{∞}) mediante la siguiente ecuación:

$$L_{\infty} = a / (1 - b)$$

Para obtener la constante (t_0) se parte del cálculo de (L_{∞}) y la edad (t) para hacer una regresión con la ecuación siguiente:

$$\ln(L_{\infty} - L_t / L_{\infty}) = kt_0 - kt$$

Partiendo de la ecuación anterior y graficando $\ln(L_{\infty} - L_t / L_{\infty})$ contra (t) se obtendrá una recta de regresión cuya pendiente es igual a ($-k$) y (kt_0) es el intercepto (ordenada al origen). Entonces es posible obtener (t_0) a partir de la siguiente relación:

$$t_0 = kt_0 / -k$$

Por último, los valores de (L_{∞}), (k) y (t_0) se sustituyen en la ecuación original de von Bertalanffy y se elabora una gráfica en la que se visualiza la forma de crecimiento de las larvas.

Para el cálculo del crecimiento en peso, se considera la relación peso seco-longitud y la ecuación que describe el crecimiento en longitud. Esto es, conociendo el valor de (L_{∞}) es posible determinar el correspondiente valor de (PS_{∞}) con la ecuación que relaciona peso seco-longitud. Utilizando los parámetros (k) y (t_0), además del exponente (b) de la relación peso-longitud se obtiene el modelo de crecimiento en peso.

Otra forma de evaluar el crecimiento puede ser la determinación del índice de desarrollo larvario (I.D.) basado en la cuantificación de los estadios larvarios de *P. stylirostris*. Este índice es una medida de la tendencia central del desarrollo larvario y se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación (Villegas y Kanazawa, 1979):

$$I.D. = \frac{\sum A}{N}$$

Donde (A) es el valor asignado a cada estadio larvario y (N) es el número de las larvas examinadas en cada muestreo. Se considero al estadio nauplio como 1 y después se asigno el número correspondiente al subestadio sucesivo hasta llegar a la P1, como 8.

6.2 Experimento con diferentes raciones de nauplios de *Artemia*.

Se transportaron nauplios de camarón azul *Penaeus stylirostris* de la UEP-CICTUS al Laboratorio de Bioquímica Marina de la Estación Mazatlán del ICMyL-UNAM, donde se cultivaron hasta la etapa de protozoa 3 (Pz₃). Estas se usaron para el experimento sobre el consumo de nauplios de *Artemia* y el efecto de diferentes raciones sobre el crecimiento de larvas de camarón.

Los recipientes experimentales consistieron en tubos de ensayo de 50 ml de capacidad con una larva de camarón cada uno. Estos se situaron sobre una mesa giratoria que los hacia rotar a 6 r.p.m. sobre su propio eje, para mantener a los nauplios de *Artemia* en suspensión y facilitar su consumo por parte de las larvas de camarón. El aparato se diseñó y construyó para esta fase del trabajo (Fig. 12). Se realizó el recambio total del agua de los tubos diariamente. El equipo se encontraba dentro de un cuarto con temperatura controlada a 28°1 °C.

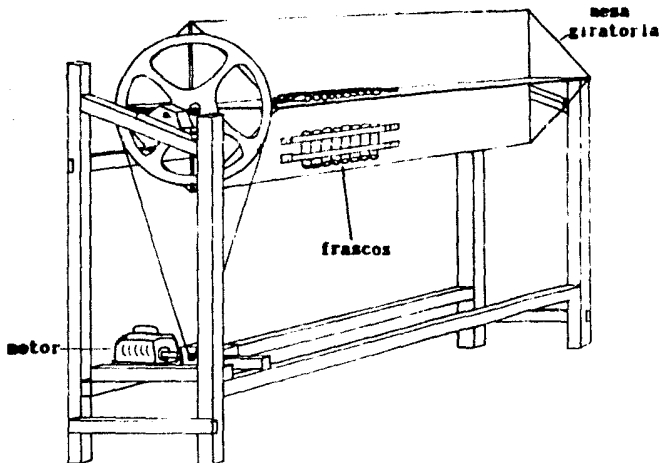


Fig. 12.- Aparato mezclador construido para el experimento de alimentación de larvas de camarón azul *Penaeus stylirostris* con nauplios de *Artemia*. Los frascos giran a 6.0 r.p.m.

El método de cultivo utilizado fue el mismo de la UEP-CICTUS, con la diferencia de que en este caso los individuos se mantuvieron aislados, porque se buscaba determinar el consumo individual de nauplios de *Artemia* por parte de las larvas y postlarvas de *Penaeus stylirostris*, así como su crecimiento también individualmente.

El sistema experimental fue una adaptación de la técnica empleada por Kurnaly et al. (1986a) en su estudio sobre alimentación en larvas de *Penaeus monodon* (Fabricius), y de Anger y Dietrich (1984) en su trabajo para conocer la tasa de alimentación de las zoeas de *Hyas araneus*, y de las recomendaciones de Omori e Ikeda (1976) sobre la cuantificación de la tasa de consumo en el zooplancton.

Este sistema tiene la ventaja de facilitar la cuantificación de los nauplios de *Artemia* consumidos por cada larva de camarón y además permite una mayor precisión en el registro de las tallas de las mismas, y como no se tenía una idea de la magnitud de los cambios en cuanto a consumo y talla, ambos registros

se realizaron día a día. Para ~~aminorar~~ el efecto de la manipulación excesiva, del que tampoco se tenía idea en cuanto a su magnitud, y buscando la aclimatación de las larvas a las condiciones individuales de cultivo, no se llevo a cabo la medición de las larvas del 2º al 6º día del experimento.

Los cuatro tratamientos de alimentación ("A"- "D"), con diez réplicas cada uno, a los que fueron sometidos las larvas a partir de protozoa 3 (Pz₃) y hasta postlarva 12 (Pl₁₂), se observan en la tabla 6.

Tabla 6.- Raciones de nauplios de *Artemia* (a una concentración constante de 5 nauplios/ml) por larva de camarón azul *Penaeus stylirostris* en los tratamientos "A", "B", "C" y "D".

NIVEL	"A"	"B"	"C"	"D"
I	30	30	30	30
II	30	60	60	60
III	30	60	120	120
IV	30	60	120	260

Las raciones de nauplios de *Artemia* fueron, durante el primer nivel, las mismas en todos los tratamientos (30 nauplios/larva/día). En el día en que se observó un consumo del alimento cercano al 70% del total, se aumentó la ración a un segundo nivel (60 nauplios/larva/día) en todos los tratamientos, excepto el primero según tabla 6. El mismo procedimiento se siguió hasta alcanzar finalmente el nivel IV y tener un escalonamiento de las raciones en el tratamiento "D".

Se utilizó este mecanismo para evitar el exceso de alimento en las raciones mayores ("C" y "D"), que se hubiera presentado si se implementan todos los niveles de alimentación desde un principio. Las raciones se escogieron antes del experimento, en base a los datos de corridas comerciales proporcionados por A. Sanchez de la UEP-CICTUS (tabla 7).

Tabla 7.- Guía del consumo de alimento en cultivos de larvas de *Pogonys silvestris* (consumo diario/individuo; datos de Agustín Sánchez, OCTUS)

Etapa de cultivo	Días después del desove	Estado	Duración (días)	Consumo promedio diario de Artemia		tamaño (mm)	Consumo de alimento artificial		Equivalente en peso de Artemia adultas (8 mm. N)	
				nauplios (N)	peso seco (mg)		peso seco (mg)	nauplios (N)		
CRA	4	Pz 3	2	10	0.016	---	---	---	0.04	
	6	M 1	1	21	0.034	---	---	---	0.08	
	7	M 2	1	32	0.051	---	---	---	0.13	
	8	M 3	2	50	0.080	---	---	---	0.20	
	10	P 1	1	70	0.112	---	---	---	0.28	
	11	P 2	1	90	0.144	---	---	---	0.36	
	12	P 3	1	100	0.160	---	---	---	0.40	
	13	P 4	1	120	0.192	---	---	---	0.48	
	14	P 5	1	140	0.224	---	---	---	0.56	
	subtotales consumo por duración:				693	1.109	---	---	---	2.77
	MATERNIDAD	15	P 6	1	200	0.320	---	---	---	0.8
		16	P 7	1	260	0.416	---	---	---	1.0
		17	P 8	1	320	0.512	---	---	---	1.3
		18	P 9	1	400	0.640	---	---	---	1.6
18-24		P 10-15	6	---	---	0.18	0.60	375	1.5	
25-26		P 16-17	2	---	---	0.25	0.96	600	2.4	
27-34		P 18-25	8	---	---	0.25	1.20	750	3.0	
35-42		P 26-33	8	---	---	0.25	1.56	975	3.8	
43-46		P 34-37	4	---	---	0.35	2.16	1350	5.4	
47-54		P 38-45	8	---	---	0.35	3.00	1875	7.5	
subtotales consumo por duración:				1,180	1.888	60.24	37,650	155.9		
TOTAL GLOBAL				1,873	2.997	60.24	38,523	158.1		

La rutina diaria durante esta fase del experimento fue la siguiente: se retiró y cuantificó el alimento no consumido, junto con aquellas larvas que murieron. Se realizó el registro de temperatura y salinidad, y el recambio de agua. Posteriormente se proporcionó el alimento en la cantidad correspondiente a cada uno de los tratamientos y de acuerdo al nivel indicado. Finalmente se realizaron las mediciones para determinar el crecimiento de las larvas.

La concentración del alimento suministrado diariamente fue constante (5 nauplios/ml) a lo largo del experimento, mientras que, el volumen del medio de cultivo se ajustó en cada uno de los tratamientos, para obtener las distintas raciones señaladas en la tabla 6.

De manera complementaria se mantuvieron dos controles. El primero consistió en una serie de 10 tubos de ensayo con una larva de camarón cada uno, a las cuales no se les proporcionó alimento, con la finalidad de conocer el crecimiento debido a las reservas de las larvas y/o a la presencia de nutrimentos en el agua de cultivo.

El otro control consistió en mantener otros 10 tubos de ensayo con solamente nauplios de *Artemia*. El número de nauplios en cada tubo correspondió a la ración del día indicado, lo que permitió determinar la tasa de mortalidad o descomposición de los nauplios debido a las condiciones del propio sistema de cultivo y la manipulación que diariamente se hacía, y evitar sobrestimar el consumo de nauplios por parte de las larvas.

Para la determinación del crecimiento se realizaron, diariamente, mediciones en vivo de todas las larvas de *P. stylisostis* del experimento. Se utilizaron las mismas medidas ya señaladas subcapítulo 6.1. También se registró el subestadio en que se encontraban las larvas.

6.3 Procesamiento y manejo estadístico de resultados.

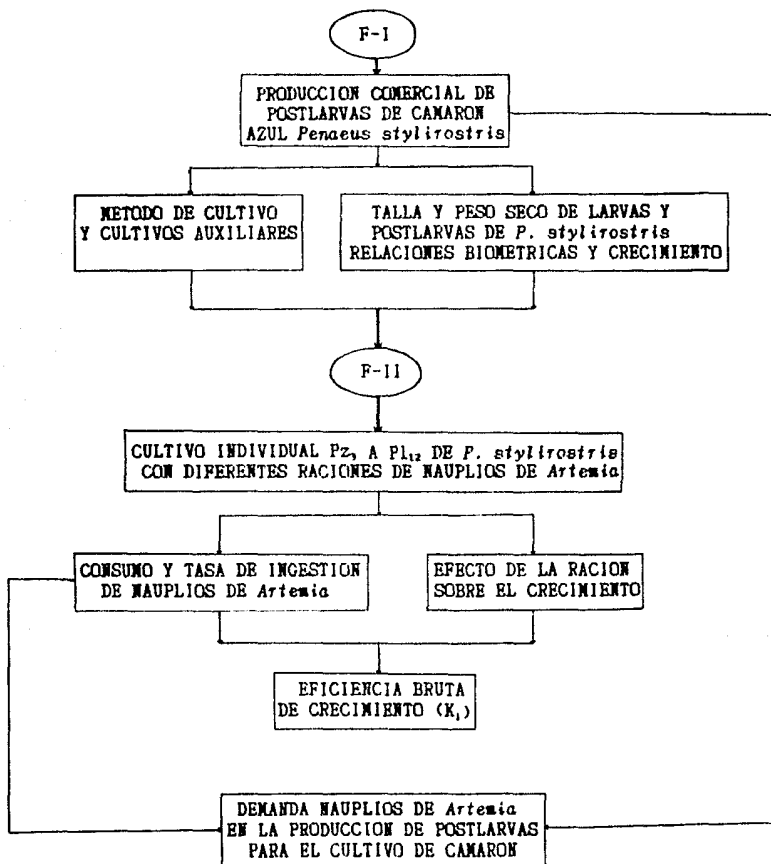
Para facilitar el manejo de la información obtenida durante los experimentos realizados, se utilizó una microcomputadora Printaform tipo IBM-XT. Para ello, se capturaron los datos en un diskette magnético, y posteriormente se analizaron utilizando los programas LOTUS-123, QUATTRO, SYSTAT y STATGRAPHICS.

Los modelos de las relaciones biométricas se ajustaron utilizando el método de mínimos cuadrados y las pruebas estadísticas del coeficiente de correlación de Pearsons y la prueba de "t" para significancia del coeficiente de correlación (Ricker, 1975; Sokal y Rohlf, 1981).

Se comparo el crecimiento de las larvas en cada uno de los tratamientos para detectar si existieron diferencias entre ellos, aplicando análisis de varianza de una vía, análisis de covarianza y la prueba de comparación múltiple de Newman-Keuls (Zar, 1974; Sokal y Rohlf, 1981). Asimismo se verificó la condición de homocedasticidad de los datos con la prueba de Bartlet y su normalidad (Sokal y Rohlf, 1981), y en los casos en que el análisis de varianza detectó diferencias significativas se utilizó el criterio de la mínima diferencia significativa para comparar las medias (Snedecor y Cochran, 1981)

6.4 Diagrama de flujo.

Para facilitar el manejo de la información aquí presentada; a continuación se muestra, en forma diagramática, la secuencia con que se llevo a cabo el trabajo y la integración entre los objetivos y metodología de la primera (F-I) y segunda (F-II) fase del experimento, así como los resultados obtenidos en cada una de ellas:



7 RESULTADOS Y DISCUSION.

7.1 Cultivo comercial de postlarvas de *Penaeus stylirostris*.

7.1.1 Condiciones de cultivo.

La tabla 8 muestra los datos de la producción de postlarvas en la UEP-CICTUS de marzo 14 a abril 3 de 1989. El desarrollo larvario de etapa de nauplio a postlarva se llevo a cabo con temperaturas que variaron de 25.5 °C a 28 °C y la salinidad osciló alrededor de las 39 ‰. Los estadios de N₁ a Pz₂ se alimentaron con *Skeletonema* y *Chaetoceros* a una concentración de entre 10 000 y 106 000 cél/ml, con un promedio de 75 000 cél/ml. De Pz₃ hasta postlarva, se les proporcionó nauplios de *Artemia* como alimento, en concentraciones que aumentaron progresivamente de 0.56 a 2.40 nauplios/ml.

Tabla 8. Datos de la producción de las postlarvas de *Penaeus stylirostris* durante marzo-abril de 1989 en la UEP-CICTUS.

DIA	LARVAS	ALGAS	ARTEMIA	TEMPERATURA	SALINIDAD	
	Estadio Numero	(cél/ml)	(nauplios/ml)	(°C)	(‰)	
1	N ₁	300 000	10 000	-	28.0	39.0
2	N ₂	"	63 750	-	26.0	39.0
3	Pz ₁	290 000	96 250	-	27.0	39.5
4	Pz ₁₋₂	"	101 750	-	27.0	39.0
5	Pz ₂	"	106 250	-	28.0	39.0
6	Pz ₃	"	50 000	-	26.0	39.0
7	Pz ₃	"	1 000	0.56	25.5	39.0
8	N ₁	270 000	-	1.04	26.0	39.5
9	N ₁₋₂	"	-	1.16	25.8	39.0
10	N ₂₋₃	"	-	0.96	26.5	39.0
11	N ₃	"	-	1.53	27.2	39.0
12	N ₃	"	-	1.76	27.0	39.0
13	N ₃ -Pl ₁	"	-	1.36	27.0	39.0
14	Pl ₁	245 000	-	1.68	27.5	39.0
15	Pl ₂	"	-	1.28	27.5	39.0
16	Pl ₃	"	-	1.96	26.5	39.0
17	Pl ₄	"	-	2.07	27.0	40.0
18	Pl ₅	"	-	1.98	27.0	39.0
19	Pl ₆	210 000	-	2.40	26.0	39.0

La densidad de siembra en los tanques de cultivo de postlarvas de *P. stylirostris* fue de 100 nauplios/l, que disminuyó conforme pasaba el tiempo. Se logró una supervivencia cercana al 70% hasta Fl. La supervivencia en la producción de postlarvas varía entre 67.8% y 97.9%, con un promedio de 83.1% (CICTUS, 1984)

Dada la supervivencia que se obtuvo, las condiciones de este cultivo se consideran aceptables, salvo la temperatura que en algunos días fue ligeramente baja (25.5 °C a 26 °C) y la salinidad se mantuvo un poco elevada (30 ‰). Los óptimos de estos parámetros para el cultivo de postlarvas son de 28 °C y 35 ‰ (Mock et al., 1980; McVey y Fox, 1983; CICTUS, 1984; Garmendia et al., 1987), que usualmente se tienen en las instalaciones de la UEP-CICTUS; solo que en este caso, por fallas en el equipo, no pudieron controlarse adecuadamente.

7.1.2 Relaciones biométricas.

El análisis de los datos biométricos (tabla 9) muestra que los huevos (H) de *P. stylirostris* tienen un diámetro promedio de 0.27 ± 0.01 mm y un peso seco promedio de 0.011 ± 0.002 mg. Los valores del diámetro son similares a los señalados por Kitani (1986) para *P. vannamei* y McVey y Fox (1983) para varias especies de peneidos, entre ellos *P. stylirostris*; ambos coinciden en 0.28 mm de diámetro. No se encontró información sobre el peso de los huevos y larvas de *P. stylirostris*.

Los nauplios (N) promediaron 0.40 ± 0.08 mm de LT y 0.011 ± 0.003 mg de FS. McVey y Fox (1983) presentan un valor promedio de 0.30 mm para los nauplios de varias especies de peneidos, entre ellos *P. stylirostris*. Este es un poco menor al registrado en el presente trabajo, quizá por tratarse de un promedio del tamaño de los nauplios entre varias especies de camarones peneidos.

Tabla 9. -- Valores mínimos, medios, máximos y desviación standard de las mediciones en los diferentes estados larvarios y postlarvas de Penaeus styrostris.

ESTADO	LONGITUD CEFALOTORACA (mm)		d s	mínimo	LONGITUD TOTAL (mm)		d s	mínimo	P E S O (mg)		d s	No. ind
	mínimo	media			mínimo	media			mínimo	media		
Huevo				0.26	0.27	0.29	0.01	0.010	0.011	0.013	0.002	105
1.º escupio				0.33	0.40	0.52	0.04	0.010	0.011	0.014	0.002	324
Protozoa	0.45	0.70	1.25	0.23	1.38	2.93	0.60	0.010	0.026	0.050	0.010	290
Myss	1.13	1.49	1.86	0.17	2.93	5.83	0.77	0.035	0.121	0.205	0.052	155
Postlarva	1.45	1.95	2.25	0.13	4.35	7.54	0.52	0.185	0.321	0.446	0.059	132

(d s.) desviación standard

Las protozoas (Pz) midieron: en promedio 0.70 ± 0.26 mm de LC; 1.38 ± 0.68 mm de LT promedio; y un PS promedio de 0.026 ± 0.015 mg. Los informes sobre el tamaño de las protozoas solo se refieren a la LT, como el de Lester (1988), que da valores de 0.78 a 0.94 mm para *P. vannamei* y de 0.71 a 0.90 mm para *P. stylirostris*. En cambio McVey y Fox (1983) citan valores de 1.00 a 2.50 mm para varias especies de peneidos, entre ellas *P. stylirostris*.

Los valores presentados por Lester (1988) son menores, pero es difícil una comparación, porque en su experimento solo realizó una medición en el subestadio de protozoa 1 (Pz), además de que esta medición fue con animales fijados y con una medida diferente (del punto medio del margen anterior del caparazón al punto medio de la bifurcación posterior del abdomen).

En las mysis (M) se obtuvieron: promedio de 1.49 ± 0.34 mm de LC; promedio de 4.33 ± 0.94 mm de LT; y promedio de 0.121 ± 0.076 mg para el PS. Lester (1988) cita valores de LT para las mysis entre 3.18 a 3.65 mm para *P. vannamei* y entre 2.91 a 3.39 mm para *P. stylirostris*; el valor máximo señalado para *P. stylirostris* es menor al presentado en este trabajo y podría explicarse por las causas ya señaladas para el caso de las protozoas. McVey y Fox (1983) sólo presentan un valor promedio de 4.00 mm de LT para las mysis de varias especies de peneidos, entre ellos *P. stylirostris*.

Por último, las postlarvas (Pl) tuvieron: en promedio 1.95 ± 0.026 mm de LC; un promedio de 6.30 ± 1.02 mm de LT; y un PS promedio de 0.321 ± 0.097 mg. Lester (1988) presenta valores de 4.59 a 5.84 mm de LT para postlarvas de *P. stylirostris* cultivadas.

En el caso de postlarvas silvestres de *P. stylirostris*, Ortega y Nuñez (1977) encontraron valores de 6.4 a 8.4 mm de LT con promedio de 7.4 mm y Mair (1979) cita tallas de 6.0 a 7.5 mm de LT; Calderon et al. (1989) presentan un intervalo de LT de 5.0 a 10.4 mm para postlarvas de camarones del género *Penaeus*, entre ellos *P. stylirostris*. En general, estos valores coinciden con los encontrados en el presente trabajo.

La tabla 10 muestra los datos biométricos para cada uno de los subestadios larvarios de *P. stylirostris*. Se tiene que, en promedio, los nauplios (N_1 - N_6) midieron 0.35±0.02 mm de LT y 0.011±0.002 mg de PS, 0.38±0.01 mm de LT y 0.011±0.02 mg de PS, 0.36±0.01 mm de LT y 0.011±0.002 mg de PS, 0.40±0.02 mm de LT y 0.012±0.002 mg de PS, 0.42±0.02 mm de LT y 0.012±0.002 mg de PS y, 0.48±0.03 mm de LT y 0.012±0.003 mg de PS, respectivamente para N_1 hasta N_6 .

Estos valores son similares a los registrados por Kitani (1986a y b) para la LT de los nauplios de *P. stylirostris* y *P. vannamei*. En la primera especie, se encontraron valores de 0.33 mm para N_1 a 0.43 mm para N_6 ; y para la segunda especie de 0.36 mm para N_1 a 0.48 mm en N_6 . Matsunaga et al. (1987) citaron valores de 0.36 a 0.54 mm de LT para N_1 y N_6 de *P. californiensis*.

Las protozoas tuvieron: en promedio 0.49±0.04 mm de LC, 0.88±0.12 mm de LT y 0.018±0.013 mg de PS para la Pz_1 ; 0.76±0.15 mm de LC, 1.45±0.35 mm de LT y 0.028±0.011 mg de PS las Pz_2 y en las Pz_3 fueron de 1.07±0.13 mm de LC, 2.39±0.38 mm de LT y de PS 0.039±0.009 mg.

Kitani (1986a) presenta para las protozoas de *P. stylirostris* valores parecidos; de 0.87 a 0.95 mm de LT y 0.38 a 0.40 mm de LC para las Pz_1 ; en las Pz_2 solo cita la LT entre 1.57 y 1.85 mm; y para las Pz_3 la LT fue de 2.10 a 2.42 mm y la LC entre 0.50 y 0.57 mm. Matsunaga et al. (1987) proporcionan los

Tabla 10. — Valores mínimos, medios, máximos y desviación standard de las mediciones en los diferentes subestadios larvarios y postlarvas de *Pencaeus stylirostris*.

SUBESTADIO	LONGITUD CEFALOTORÁXICA (mm)			LONGITUD TOTAL (mm)			P.E.S.O S.E.C.O (mg)			No. ind				
	mínimo	media	máximo	d.s.	mínimo	media	máximo	d.s.	mínimo		media	máximo	d.s.	
N-1	0.45	0.49	0.54	0.02	0.71	0.88	1.06	0.06	0.011	0.018	0.032	0.007	0.001	56
N-2	0.49	0.76	0.84	0.08	0.96	1.45	2.00	0.18	0.010	0.028	0.045	0.006	0.001	57
N-3	0.93	1.07	1.25	0.07	1.91	2.39	2.93	0.19	0.031	0.039	0.050	0.004	0.001	50
N-4	1.13	1.28	1.41	0.06	2.93	3.42	3.86	0.21	0.035	0.060	0.100	0.015	0.001	54
N-5	1.31	1.47	1.74	0.09	3.50	4.14	5.41	0.30	0.075	0.111	0.205	0.026	0.002	53
N-6	1.39	1.64	1.86	0.12	4.12	5.07	5.83	0.42	0.131	0.170	0.205	0.029	0.003	54
P-1	1.43	1.86	2.03	0.08	4.35	5.88	6.63	0.32	0.185	0.245	0.278	0.027	0.001	116
P-2	1.45	1.87	2.07	0.13	4.35	5.97	7.06	0.49	0.276	0.297	0.314	0.012	0.001	73
P-3	1.81	2.06	2.15	0.08	5.87	6.71	7.05	0.26	0.331	0.338	0.357	0.017	0.001	28
P-4	1.81	1.98	2.10	0.08	5.73	6.44	7.09	0.32	0.311	0.348	0.406	0.036	0.001	25
P-5	1.67	2.02	2.25	0.15	5.45	6.57	7.54	0.55	0.362	0.402	0.446	0.036	0.001	23

(N) Nauplio
(P-2) Pnctozoea
(M) Mytilis
(P) Postlarva
(d.s.) desviación standard

valores promedio de la LT para las protozoas de *P. californiensis*, que son un poco mayores que los de *P. stylirostris*: 0.97, 1.75 y 2.70 mm para Pz, hasta Pz₂, respectivamente.

En las mysis se obtuvieron valores promedio de 1.28±0.12 mm de LC, 3.42±0.40 mm de LT y 0.060±0.029 mg de PS para las M₁; 1.47±0.17 mm de LC, 4.14±0.59 mm de LT y 0.11±0.030 mg de PS en las M₂; y para las M₃ fueron 1.64±0.19 mm de LC, 5.07±0.81 mm de LT y de PS 0.170±0.036 mg.

Los valores reportados por Kitani (1986b) son menores a los aquí presentados; de 2.82 a 2.97 mm de LT y 1.15 a 1.25 mm de LC para la M₁, entre 3.32 y 3.67 mm de LT y de 1.25 a 1.45 mm de LC para la M₂, y en la M₃ de 3.67 a 3.80 mm de LT y 1.32 a 1.45 mm de LC. Estas diferencias pueden explicarse porque el trabajo de Kitani (1986a) fue para describir el desarrollo larvario de *P. stylirostris*, utilizando un muestra muy pequeña. En cambio los datos de LT proporcionados por Matsunaga et al. (1987) para *P. californiensis* son similares: 3.25, 3.70 y 5.50 mm para M₁ hasta M₃, respectivamente.

La postlarva, presentó valores promedio de 1.66±0.15 mm de LC, 5.88±0.63 mm de LT y 0.245±0.033 mg de PS. Los valores proporcionados por Kitani (1986a y b) para la LT de las Pl, de *P. vannamei* y *P. stylirostris* son menores; 4.00 a 4.24 mm para la primer especie y 3.90 a 4.30 mm para la segunda. Estas diferencias pueden deberse al hecho de que en dichos trabajos se utilizó un tamaño de muestra muy pequeño, el necesario para describir las características morfológicas de la Pl₁.

La tabla 11 muestra los valores estimados de las constantes de las relaciones biométricas correspondientes a cada estadio larvario de *P. stylirostris*. Las figuras 13 a 22 presentan los diagramas de dispersión para estas relaciones.

Tabla 11. Constantes y coeficientes de correlación de las relaciones biométricas en los estadios larvarios y postlarvas de *Penaeus stylirostris*.

Estado	Y	X	a	b	r	n	Fig.
Nauplio	PS	LT	0.014	0.273	0.79	324	13
Protozoa	LT	LC	-0.30	2.44	0.97	290	14
	LC	LT	0.15	0.39	0.97	290	14
	PS	LC	0.036	0.792	0.68	290	15
	PS	LT	0.022	0.269	0.71	290	16
Mysis	LT	LC	-2.02	4.27	0.97	155	17
	LC	LT	0.53	0.22	0.97	155	17
	PS	LC	0.031	3.330	0.80	155	18
	PS	LT	0.004	2.282	0.84	155	19
Postlarva	LT	LC	-1.28	3.89	0.98	132	20
	LC	LT	0.39	0.25	0.98	132	20
	PS	LC	0.030	3.497	0.83	132	21
	PS	LT	0.015	2.882	0.84	132	22

! r con significancia al 99% de confianza.

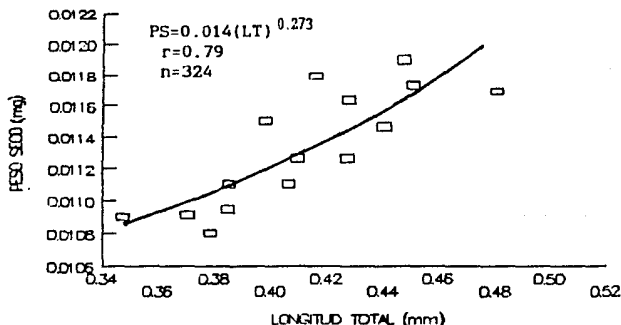


Fig. 13.- Relación entre peso seco y longitud total en nauplios de *Penaeus stylirostris*. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

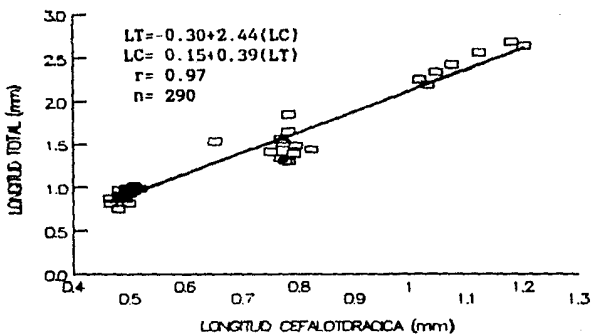


Fig. 14.- Relación entre longitud total y longitud cefalotorácica en protozoos de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

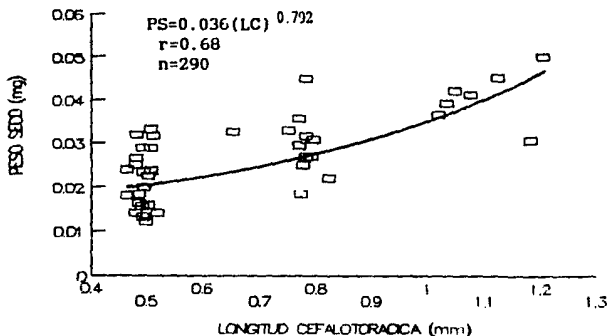


Fig. 15.- Relación entre peso seco y longitud cefalotorácica en protozoos de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

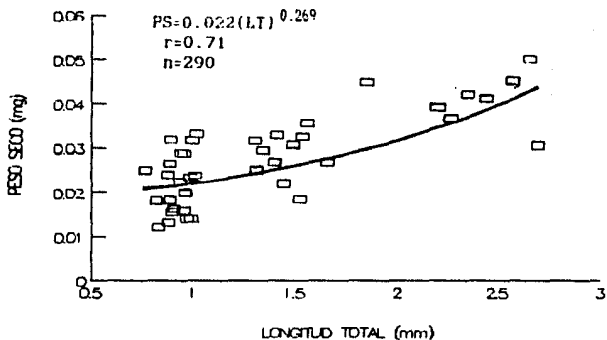


Fig. 16.- Relación entre peso seco y longitud total en protozoas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

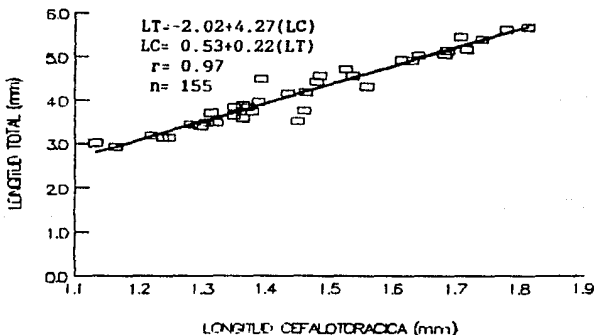


Fig. 17.- Relación entre longitud total y longitud cefalotorácica en mysis de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

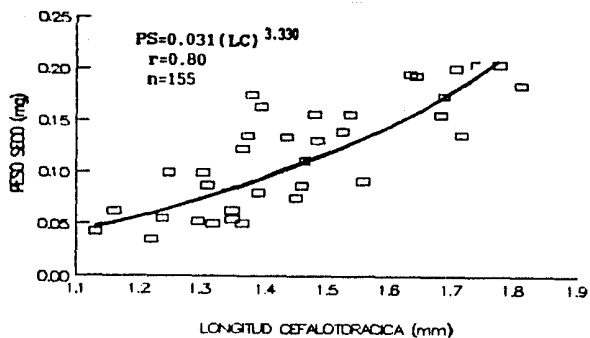


Fig. 18.- Relación entre peso seco y longitud cefalotorácica en mysis de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

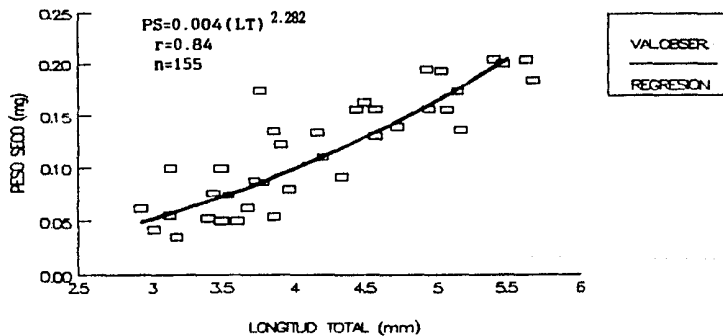


Fig. 19.- Relación entre peso seco y longitud total en mysis de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

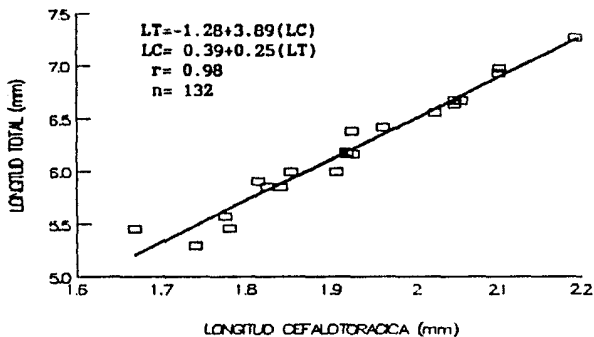


Fig. 20.- Relación entre longitud total y longitud cefalotorácica en postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

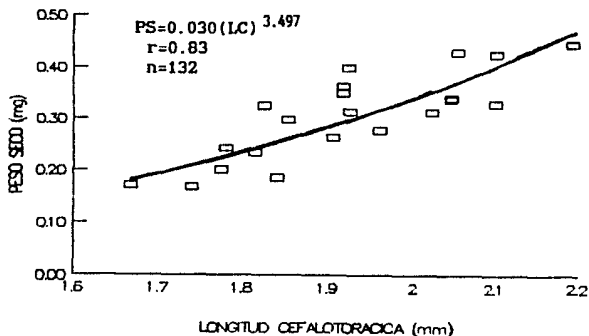


Fig. 21.- Relación entre peso seco y longitud cefalotorácica en postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

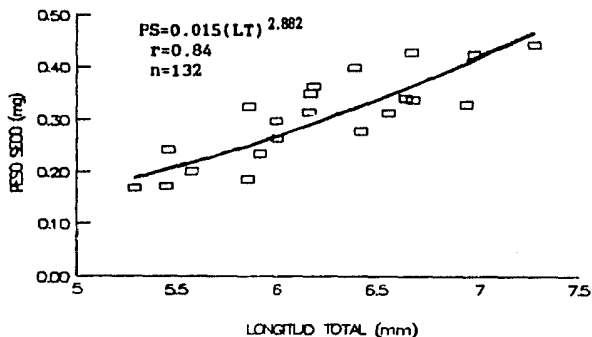


Fig. 22.- Relación entre peso seco y longitud total en postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

La relación entre las longitudes fue isométrica positiva en los estadios de protozoa a postlarva. Sin embargo, en las protozoas esta relación no es tan clara dado que apenas aparece el cefalotorax, y el rostro es inexistente todavía. En cambio, para las mysis y postlarvas se presenta una mayor proporcionalidad entre la longitud del caparazón y la longitud total (Figs. 17 y 22). Los índices de correlación fueron altos (0.97 a 0.98) en todos los casos, por lo que es factible utilizar las ecuaciones de regresión de estas relaciones para transformar una medida a la otra.

Las relaciones peso seco-longitud se pueden separar en dos partes: En la primera, que incluye los estadios de nauplio y protozoa (Figs. 13 a 16), se observa que el valor de la pendiente (b) difiere significativamente de 3, por lo que se presenta una clara alometría positiva respecto a la potencia cúbica

de la talla. Además, los índices de correlación fueron bajos (0.66 a 0.79), lo que indica poca relación entre los valores de peso seco y talla.

En cambio, para la segunda parte, que corresponde al estadio de mysis y a la postlarva (Figs. 18 a 22), se muestra con mayor claridad que la relación peso seco-longitud fue potencial. Ya que se observa un valor de (b) cercano a 3, lo que indica una aproximación al crecimiento isométrico. Los valores del índice de correlación fueron cercanos a 1 (0.80 a 0.84), esto señala que existe una alta correspondencia entre los valores de peso seco y la talla de estos estadios.

De manera general, en las relaciones peso seco-longitud, se observa un incremento gradual del exponente (b) a partir del valor obtenido en el estadio nauplio, hasta alcanzar valores cercanos a 3 en la etapa de postlarva. Esto refleja que, cuando las larvas se desarrollan y se convierten en postlarvas ya son morfológicamente semejantes a los adultos, en donde ya se han calculado estas relaciones con valores de (b) cercanos a 3, pero sin gonadas y con órganos secundarios en desarrollo. Asimismo, la pendiente (b) es mayor conforme avanza el desarrollo larvario, porque esta constante tiene una relación directa con la tasa de crecimiento (k), lo que sugiere que dicha tasa es mayor en los últimos estadios larvarios.

Algo similar ocurre con el índice de correlación (r); se incrementa a partir del valor inicial obtenido para los nauplios, hasta llegar a un valor cercano a 1, que indica mayor relación entre los valores de peso seco y talla. El incremento de (b) y (r) con la edad es proporcional a los aumentos de peso seco y de la longitud.

Esto se observa más claramente al revisar las relaciones biométricas calculadas de manera conjunta para los estadios larvarios y postlarvas (tabla 12). Donde, como se observa en las figuras 23 a 35, ya existe una mayor correspondencia entre el peso y la longitud, porque los valores de (r) se aproximan bastante a 1 (0.89 a 0.99).

Tabla 12. Constantes y coeficientes de correlación de las relaciones biométricas conjuntando los estadios larvarios y postlarvas de *Penaeus stylirostris*.

Estadios	Y	X	a	b	r	n	Fig.
Larvas	LT	LC	-0.10	3.53	0.98	77	23
	LC	LT	0.30	0.27	0.98	77	23
	PS	LC	0.055	1.580	0.89	77	24
	PS	LT	0.022	1.057	0.93	83	25
Larvas y postlarvas	LT	LC	-1.18	3.75	0.99	98	26
	LC	LT	0.33	0.26	0.99	98	26
	PS	LC	0.061	1.885	0.92	98	27
	PS	LT	0.022	1.232	0.94	104	28
Pz y mysis	PS	LC	0.055	1.580	0.89	77	29
	PS	LT	0.020	1.146	0.92	77	30
Mysis y postlarva	LT	LC	-2.01	4.26	0.99	58	31
	LC	LT	0.49	0.23	0.99	58	31
	PS	LT	0.003	2.441	0.93	58	32
	PS	LC	0.029	3.501	0.92	58	33
Pz, mysis y postlarva	LT	LC	-1.18	3.75	0.99	98	34
	LC	LT	0.33	0.26	0.99	98	34
	PS	LT	0.019	1.341	0.94	98	35

r con significancia al 99% de confianza.

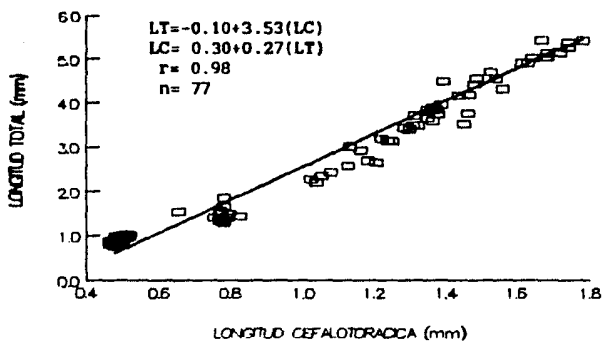


Fig. 23.- Relación entre longitud total y longitud cefalotorácica en larvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

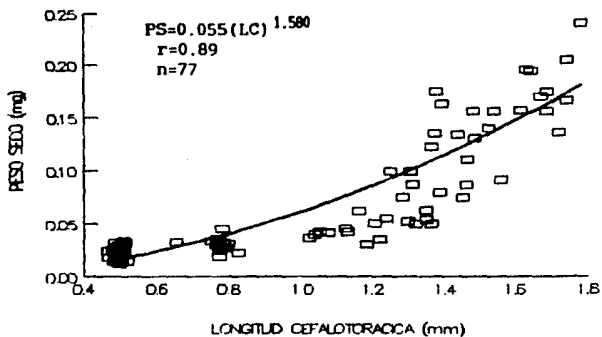


Fig. 24.- Relación entre peso seco y longitud cefalotorácica en larvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

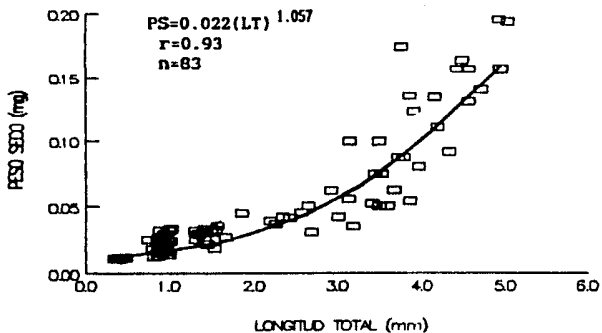


Fig. 25.- Relación entre peso seco y longitud total en larvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

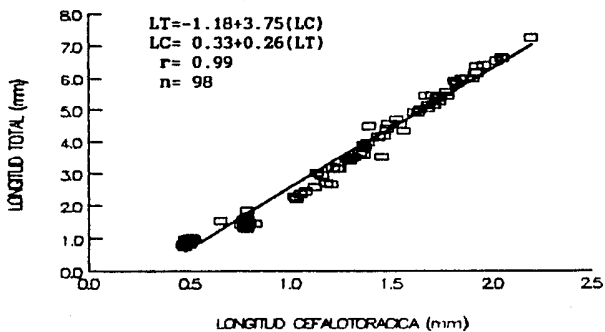


Fig. 26.- Relación entre longitud total y longitud cefalotorácica en larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

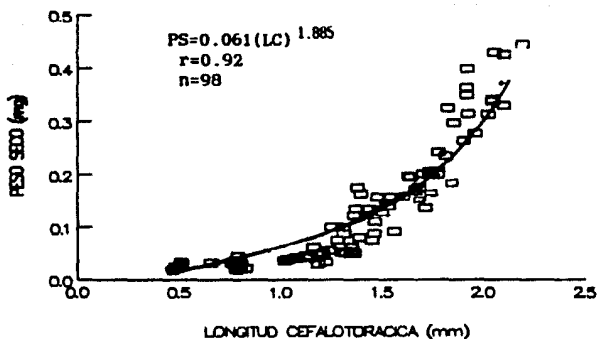


Fig. 27.- Relación entre peso seco y longitud cefalotorácica en larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

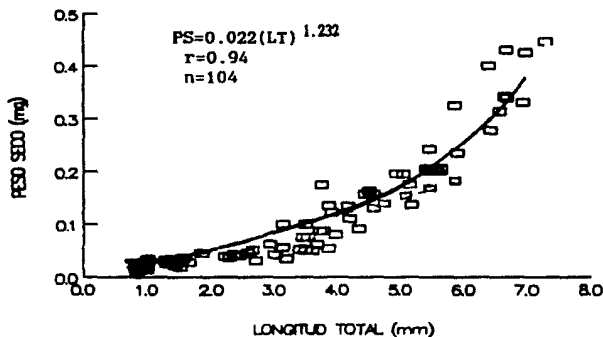


Fig. 28.- Relación entre peso seco y longitud total en larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

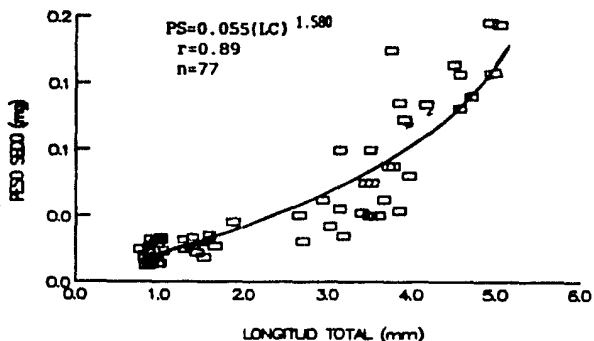


Fig. 29.- Relación entre peso seco y longitud cefalotorácica en protozoa y mysis de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

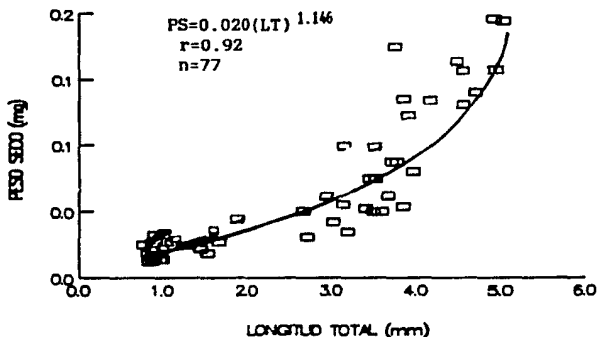


Fig. 30.- Relación entre peso seco y longitud total en protozoa y mysis de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

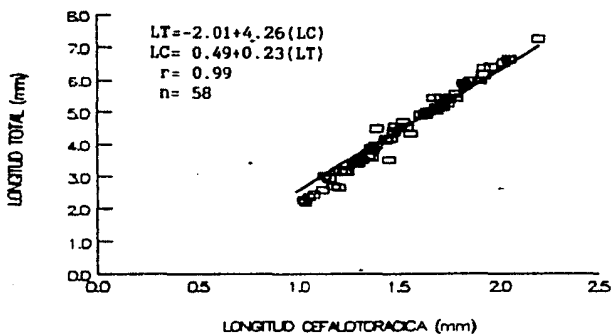


Fig. 31.- Relación entre longitud total y longitud cefalotorácica en mysis y postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

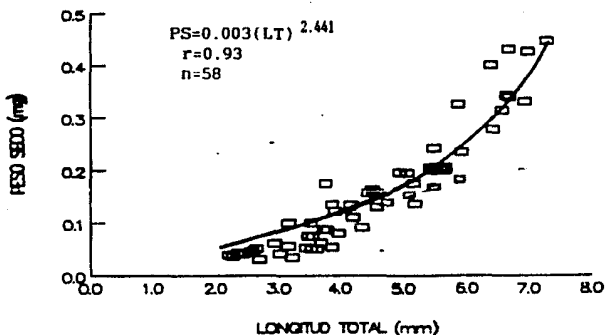


Fig. 32.- Relación entre peso seco y longitud total en mysis y postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (---) línea de regresión.

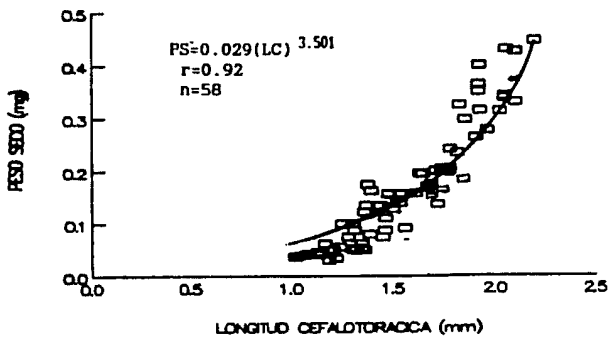


Fig. 33.- Relación entre peso seco y longitud cefalotorácica en mysis y postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (---) línea de regresión.

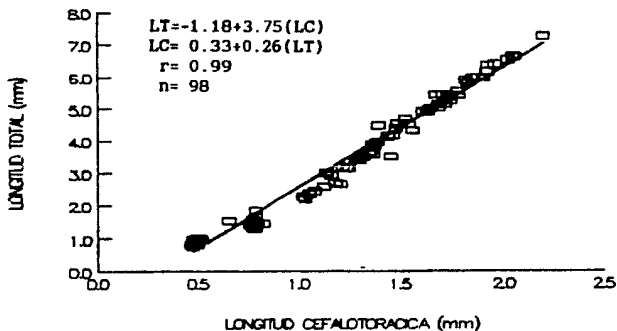


Fig. 34.- Relación entre longitud total y longitud cefalotorácica en protozoa, mysis y postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

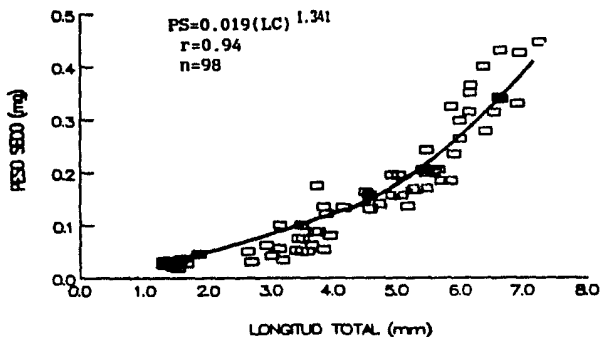


Fig. 35.- Relación entre peso seco y longitud total en protozoa, mysis y postlarvas de Penaeus stylirostris. (□) valor observado; (—) línea de regresión.

Se puede considerar que existen diferencias entre las relaciones biométricas de los estadios larvarios y postlarvas de *P. stylirostris*, porque son marcados los cambios que se presentan de un estadio a otro, principalmente en la forma del cuerpo. Esto se observa particularmente en los cambios de nauplio (con forma semi-esférica) a protozoa (con forma alargada), y de protozoa a mysis (con forma típica de camarón) en menor grado.

Además, es posible esperar cambios en la relación peso seco-longitud a lo largo del desarrollo de las larvas, debido a los cambios en la cantidad y tipo de alimento que ingieren: durante la etapa de nauplio el organismo no se alimenta, la protozoa se alimenta con microalgas y por último la mysis y la postlarva son carnívoros y requieren alimento como los nauplios de *Artemia*.

Los organismos en general sufren cambios a lo largo de su vida. En particular los cambios más notables son en las etapas iniciales. Vassnetsov (en Ricker, 1975) les llama estanzas o estadios de crecimiento, (a lo largo de este trabajo se le ha denominado estadios larvales) que se caracterizan por cambios en la estructura o fisiología del organismo. Casos extremos, como los aquí estudiados, son los organismos que sufren metamorfosis. Estas transformaciones se caracterizan por cambios en la forma del cuerpo, cambios de peso y longitud, y en las tasas de crecimiento de los mismos.

El análisis de las relaciones biométricas ha sido frecuentemente utilizado para peces. Ricker (1971) menciona que durante su desarrollo los peces pasan por varios estadios y cada uno ellos pueden tener sus propias relaciones morfométricas. Esto es igual de importante para los camarones.

Las anteriores relaciones biométricas sólo han sido calculadas para poblaciones silvestres de *Penaeus stylirostris*; en su etapa juvenil y preadulto, en muestras provenientes de los estuarios y lagunas costeras (Menz, 1976; Flores et al., 1986; Nuñez, 1988) y para los adultos de aguas marinas (Muhlía et al., 1975; Rodríguez de la Cruz, 1976). Se han encontrado diferentes relaciones biométricas en cada etapa.

El problema de estas relaciones para los crustáceos puede ser referido al ciclo de muda, de tal manera que dichas relaciones varían en las diferentes etapas de vida del camarón. Además, en las relaciones aquí estudiadas se observan claras diferencias entre las obtenidas para cada estadio larvario. Esto se puede explicar porque los penidos tienen un desarrollo ligeramente metamórfico (Waterman y Chace, 1960), con cambios marcados entre un estadio larvario y otro.

La utilidad de estas relaciones biométricas en larvas de *P. stylirostris* reside en que se pueden hacer estimaciones de biomasa para cualquier estadio a partir del valor de su talla.

Por otra parte, las estimaciones de los diferentes coeficientes permiten conocer algunos aspectos de la biología de las larvas de *P. stylirostris*. Por ejemplo, el tipo de crecimiento, de acuerdo con los valores del exponente (b) de la relación peso seco-longitud, se considera alométrico para los estadios de nauplio y protozoa, y para nysis y postlarva se observa una tendencia al isométrico.

7.1.3 Índice de desarrollo.

La separación de los estadios larvarios de *Penacus stylirostris* se puede usar para conocer tanto el día de aparición de cada estadio como su tiempo de permanencia en el cultivo.

Después de la eclosión de los nauplios, hay un periodo inicial en el que no existe variedad en cuanto a los estadios larvarios presentes simultáneamente (1° al 4° día).

A partir del 5° al 9° día se presentan de 1 a 2 estadios larvarios (entre P₂ y M₁) a la vez en el cultivo. Conforme el ciclo progresa, del 10° día en adelante, el número de estadios larvarios, a partir de la P₂, se incrementa de 2 a 3 por día (Fig. 36).

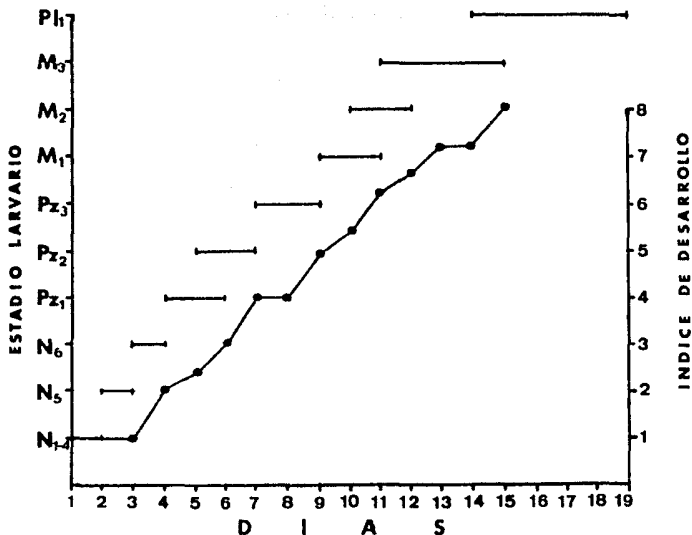


Fig. 36.- Estadios larvarios (—) e índice de desarrollo larvario (—) en Penaeus stylirostris.

Sin considerar la etapa de nauplio, el ciclo de desarrollo larvario de *P. stylirostris* se puede separar en dos partes: en la primera, el número de estadios larvarios se incrementa de 1-2 (entre 5° y 9° día) a 2-3 en su segunda parte (a partir del 10° día). En todos estos días, el cultivo contiene un cierto pequeño porcentaje (quizás no más de una larva) de individuos grandes en el estadio más avanzado, a los que Malecha (1983) llama "exploradores".

Así, la distribución de los estadios larvarios, en cualquier día en particular, esta sesgada hacia la derecha, es decir, hay un escaso número de larvas en un estadio avanzado. La mayoría está en uno ó dos estadios anteriores, y un

pequeño porcentaje de la población se presenta en un estadio más bajo. Por ejemplo, en el 10° día, el estadio más avanzado es el M_2 , la mayoría de la larvas se encuentra en el estadio de M_1 y todavía existe un pequeño número de en P_2 . Malecha (1983) obtiene resultados similares en larvas de diferentes razas de *Macrobrachium rosenbergii*.

Una forma de evaluar el crecimiento, empleando la separación de los estadios larvarios de *P. stylirostris*, puede ser la medición del índice de desarrollo larvario (I.D.), que ya ha sido utilizado por Manzi *et al.* (1977) y Manzi y Madox (1980) para larvas de *Macrobrachium rosenbergii* y Alfonso *et al.* (1985) para protozoos de *Penaeus notialis*. Los cálculos del I.D. (subcapítulo 6.1) se realizaron por día con los valores asignados a cada estadio larvario hasta la Pl_1 . Esto datos se obtuvieron de la tabla 13.

El índice de desarrollo para larvas de *P. stylirostris* en condiciones de producción comercial, sin considerar el estadio nauplio, fue prácticamente una línea recta (Fig. 36). Solo se observan pequeños cambios en los días 7 y 8, donde se mantiene con un valor de 4.0, durante el subestadio de P_2 ; y los días 13 al 14, que registra un valor de 7.2, en el subestadio de M_1 .

En forma global, se tiene un rápido incremento de los estadios larvarios. El primer individuo en estadio de Pl_1 se presentó en el día 14. Los informes al respecto son similares; McVey y Fox (1983) obtienen la Pl_1 a los 12 días, para varias especies de penéidos, entre ellos *P. stylirostris*. Kitani (1986a) informa la presencia de la Pl_1 para *P. stylirostris* a los 15 días, y Matsunaga *et al.* (1987) reporta la Pl_1 para *P. californiensis* a los 14 días.

Se observa que en los cultivos comerciales y experimentales, la metamorfosis del primer individuo del estadio M_1 a Pl_1 ocurre en un periodo cercano a los 14

días. Esto puede ser descrito como el "momento de la postlarva exploradora". En aproximadamente 7 días más, cerca del 90% de los últimos estadios larvarios están en la etapa de Pl_{4-5} . Es en este tiempo que regularmente el cultivo se "cosecha" y las postlarvas son removidas a un estanque de engorda. Sin embargo, en la actualidad se comienza a prolongar el cultivo de postlarvas hasta la Pl_{11} , para disminuir la mortalidad en el momento de la siembra.

El desarrollo y crecimiento larval aparentemente solo se detiene 1 ó 2 días al ocurrir las mudas de un estadio a otro; de Pz_2 a N_1 y luego de N_2 a Pl_1 , mientras que, entre subestadios (de Pz_1 a Pz_2 y de N_1 a N_2) parece no existir ningún inconveniente, quizás porque en este caso los cambios no son tan radicales, como los que ocurren de un estadio a otro, donde el ciclo de muda debe ser más tardado.

Los resultados del índice de desarrollo larvario indican que el crecimiento y desarrollo larvario ocurrieron de manera continua en las condiciones de cultivo que se tuvieron. El I.D., como se maneja en valores absolutos, puede ser muy útil para hacer comparaciones entre experimentos sobre alimentación en larvas de crustáceos.

7.1.4 Crecimiento.

Los resultados de la tabla 9 muestran que los incrementos en talla fueron para la LC de 0.80 mm de protozoa a mysis y de 0.45 mm de mysis a postlarva; en el caso de la LT estos fueron de 1.00 mm de nauplio a protozoa, 2.93 mm de protozoa a mysis y de 1.97 mm de mysis a postlarva (Figs. 37 y 38). El mayor incremento de la talla de protozoa a mysis se puede atribuir a los cambios en la forma, provocados por la aparición del rostrum en el estadio de protozoa.

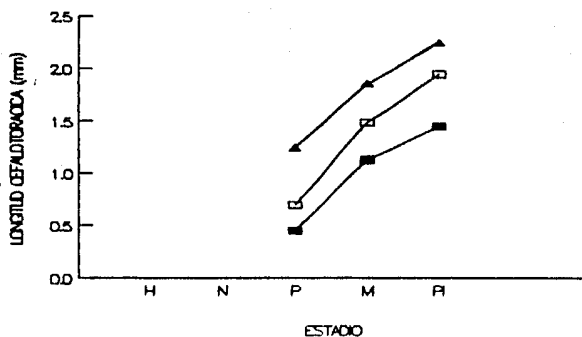


Fig. 37.- Crecimiento en longitud cefalotorácica por estadio larvario y postlarvas de Penaeus stylirostris. (H) Huevo; (N) Nauplio; (P) Protozoa; (M) Mysis y (Pl) Postlarva. Crecimiento mínimo (■), promedio (□) y máximo (▲).

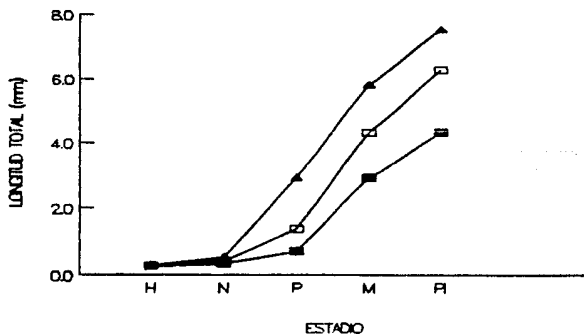


Fig. 38.- Crecimiento en longitud total por estadio larvario y postlarvas de Penaeus stylirostris. (H) Huevo; (N) Nauplio; (P) Protozoa; (M) Mysis y (Pl) Postlarva. Crecimiento mínimo (■), promedio (□) y máximo (▲).

El incremento en PS fue constante, de 0.015 mg de nauplio a protozoa, 0.095 mg de protozoa a mysis y de 0.200 mg de mysis a postlarva (Fig. 39). Este paulatino aumento en peso seco se explica porque la alimentación durante el estadio nauplio es endógena (consumo de vitelo), a partir de N₂ se les proporciona microalgas y luego al llegar a P₂ nauplios de *Artemia*. Los incrementos más significativos en tamaño y peso seco fueron de P₂ a M y de M a P₁, en cambio de N a P₂ no fueron tan acentuados.

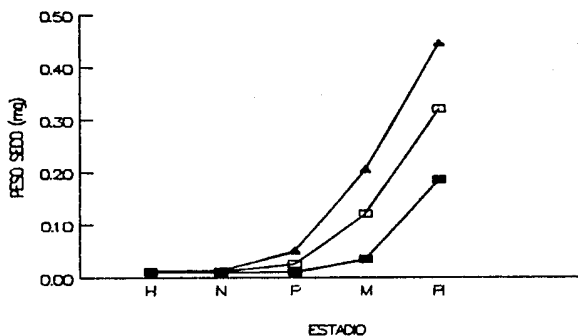


Fig. 39. Crecimiento en peso seco por estadio larvario y postlarvas de *Penaeus stylirostris*. (H) Huevo; (N) Nauplio; (P) Protozoa; (M) Mysis y (P1) Postlarva. Crecimiento mínimo (■), promedio (◻) y máximo (▲).

Al intentar el ajuste de los datos de las tablas 10 (pag.53) y 13 para determinar los parámetros de crecimiento de la curva de von Bertalanffy, se observó que este ajuste solo ocurre a partir del estadio de protozoa, por lo que para el caso de los nauplios de *P. stylirostris* se realizó una regresión

Tabla 13.— Valores mínimos, medios, máximos y desviación standard de las mediciones diarias en subestaciones larvarias y postlarvas de *Panopeus styriacus*.

DA	SUBESTADO	LONGITUD CEFALOTORÁCA (mm)		LONGITUD TOTAL (mm)		PESO SECO (mg)		No ind		
		mínimo	medio	mínimo	medio	mínimo	medio		d.s.	
0	DESUVE			0.26	0.27	0.01	0.010	0.013	0.001	104
1	R1-4			0.35	0.38	0.01	0.010	0.013	0.001	214
2	N5			0.40	0.41	0.01	0.010	0.014	0.001	55
3	N6			0.43	0.48	0.02	0.010	0.014	0.002	53
4	Pz1	0.45	0.49	0.71	0.88	0.03	0.011	0.027	0.003	63
5	Pz1-2	0.46	0.50	0.78	0.94	0.05	0.023	0.029	0.003	53
6	Pz2	0.49	0.75	0.83	0.83	0.13	0.023	0.032	0.003	88
7	Pz3	0.74	0.97	1.12	1.42	1.57	0.15	0.044	0.003	51
8	Pz3	1.02	1.13	1.22	1.22	2.45	0.25	0.055	0.004	51
9	M1	0.65	1.27	1.41	2.31	3.09	0.21	0.063	0.009	27
10	M1-2	1.12	1.39	1.64	3.76	4.47	0.50	0.092	0.010	34
11	M2-3	1.25	1.47	1.78	3.15	4.24	0.47	0.100	0.017	24
12	M3	1.36	1.54	1.71	3.76	4.64	0.42	0.134	0.015	28
13	M3	1.44	1.64	1.89	4.35	5.10	0.49	0.166	0.011	26
14	M3-R1	1.39	1.75	1.93	4.12	5.52	0.40	0.192	0.014	26
15	P1	1.71	1.88	2.03	4.90	5.90	0.42	0.260	0.012	22
16	P2	1.45	1.87	2.07	4.35	5.97	0.49	0.297	0.014	24
17	P3	1.81	2.06	2.15	5.87	6.71	0.26	0.338	0.017	28
18	P4	1.81	1.98	2.10	5.73	6.44	0.32	0.311	0.036	25
19	P5	1.67	2.02	2.25	5.45	6.57	0.55	0.402	0.038	23

(N) Naupio
(Pz) Protolaboa
(M) Mysis
(P1) Postlarva
(d.s.) desviación standard

lineal para el cálculo de crecimiento en longitud y peso seco, tanto por subestadio como por día. Estos resultados se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Constantes de la ecuación de crecimiento lineal por subestadio y diario en nauplios de *Penaeus stylirostris*.

	Y	X	a	b	r	n
Subestadio	LT	t	0.299	0.0278	0.947	7
	PS	t	0.011	0.0002	0.841	7
Diario	LT	t	0.286	0.0660	0.980	4
	PS	t	0.011	0.0002	0.898	4

Las constantes de los parámetros de crecimiento de la curva de von Bertalanffy, obtenidas a partir del subestadio de Pz, hasta Pl, con los valores promedio de LC, LT y PS, tanto para el crecimiento diario y como por estadio larvario, se presentan en las tablas 15 y 16, respectivamente.

Tabla 15. Constantes de la ecuación de von Bertalanffy de crecimiento diario en longitud y peso seco de protozoa a postlarva de *P. stylirostris*.

Constante	Longitud cefalotorácica	Longitud total	Peso seco
L_{∞}	2.210	11.036	1.277
k	0.152	-0.055	-0.055
t_0	-0.275	-0.275	-0.275
b			2.441

Tabla 16. Constantes de la ecuación de von Bertalanffy de crecimiento por estadio larvario y postlarva en longitud y peso seco de *P. stylirostris*.

Constante	Longitud cefalotorácica	Longitud total	Peso seco
L_{∞}	2.269	8.511	0.630
k	0.206	0.143	0.143
t_0	-0.492	-0.492	-0.492
b			2.441

Las ecuaciones obtenidas se ajustan a los valores observados (Figs. 40 a 45). No se encontró información publicada sobre ecuaciones para el crecimiento en larvas de penéidos. La disponible solo presenta valores biométricos sobre los diferentes estadios larvarios, los cuales ya fueron discutidos en las relaciones correspondientes. Los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy se han calculado para poblaciones silvestres de *Penaeus stylirostris*; en su etapa juvenil y preadulta, en muestras provenientes de los estuarios y lagunas costeras (Muñez, 1988) y en los adultos de aguas marinas (Rodríguez de la Cruz, 1981). Se han obtenido diferentes constantes en cada etapa.

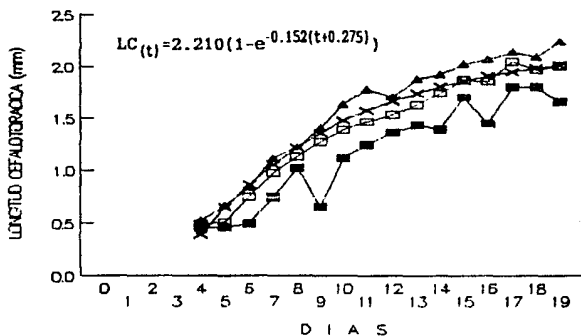


Fig. 40.- Crecimiento diario en longitud cefalotorácica (mm) para larvas y postlarvas de *Penaeus stylirostris*. Crecimiento mínimo (▲), promedio (◻), máximo (▲) y calculado (◻).

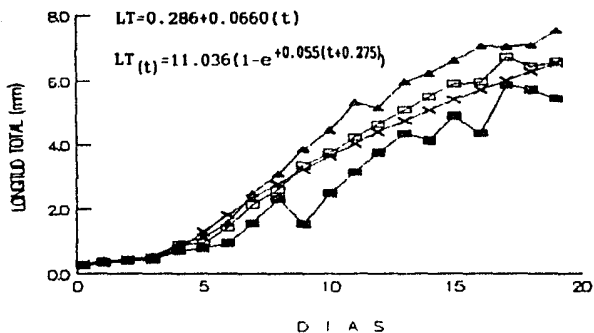


Fig. 41.- Crecimiento diario en longitud total (mm) para larvas y postlarvas de *Penaeus stylirostris*. Crecimiento mínimo (■), promedio (□), máximo (▲) y calculado (△).

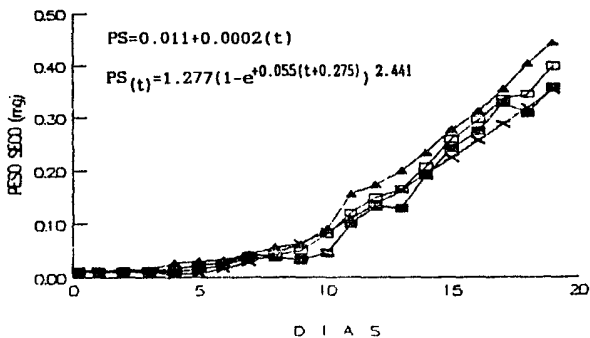


Fig. 42.- Crecimiento diario en peso seco (mg) para larvas y postlarvas de *Penaeus stylirostris*. Crecimiento mínimo (■), promedio (□), máximo (▲) y calculado (△).

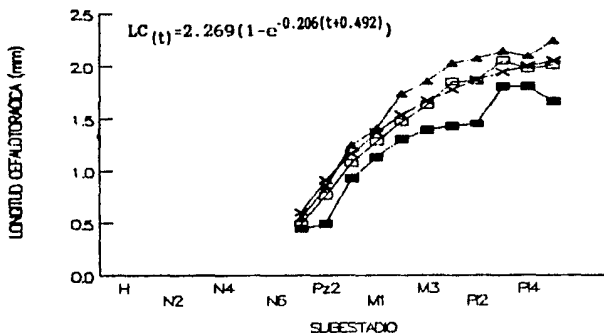


Fig. 43.- Crecimiento por subestadio en longitud cefalotorácica (mm) para larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris. (t) subestadio larvario. Crecimiento mínimo (—■—), promedio (—□—), máximo (—▲—) y calculado (—△—).

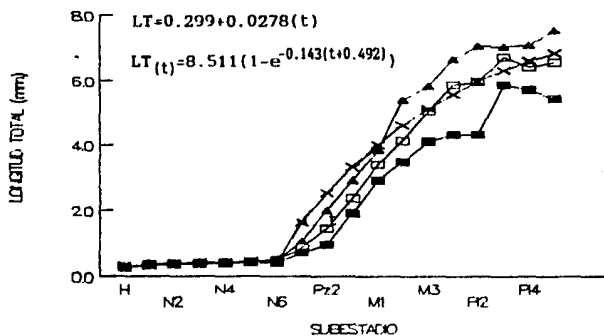


Fig. 44.- Crecimiento por subestadio en longitud total (mm) para larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris. (t) subestadio larvario. Crecimiento mínimo (—■—), promedio (—□—), máximo (—▲—) y calculado (—△—).

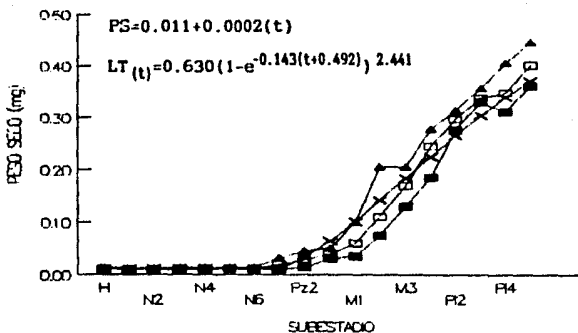


Fig. 45.- Crecimiento por subestadio en peso seco (mg) para larvas y postlarvas de *Penaeus stylirostris*. (t) subestadio larvario. Crecimiento mínimo (●), promedio (◻), máximo (△) y calculado (↔).

En los resultados aquí calculados se tiene que, la constante (LT_{∞}), es mayor en el crecimiento diario (11.04 mm) que en el crecimiento por subestadio (8.51 mm), lo que concuerda con los mayores valores promedio por día. Algunas de las constantes obtenidas (t_0 y b) se pueden emplear indistintamente. La (t_0) calculada para LT , ya sea para el crecimiento diario (-0.027) como en el crecimiento por subestadio (-0.49), se utiliza tanto para la LC como el FS . En el caso del crecimiento en peso seco se tomó la (b) obtenida de la relación peso-longitud en mysis y postlarva (2.441), dado que con ella se tiene un mejor ajuste a los datos observados. Igual ocurre con la (k) obtenida para la LT (0.143), que se utiliza tanto en LT como en PS .

El crecimiento promedio resultò mayor en LC (0.206) que en LT y PS (0.143). La diferencia està dada principalmente por el valor de la tasa de crecimiento (k), confirmandose lo observado para la relación peso seco-longitud cefalotoràcica, donde los valores de (r) fueron similares y los valores de (b) fueron mayores comparadas con las obtenidas para la LT. Este fenómeno resulta por la existencia de una mayor correlaciòn del peso seco con la longitud cefalotoràcica.

Malecha (1983) en su estudio sobre larvas de *Macrobrachium rosenbergii* señala que el crecimiento de estas es "proporcional al peso", porque su metabolismo, medido como consumo de oxígeno, es isométrico en relación al peso corporal (Stephenson y Knight, 1980). Lo mismo se puede mencionar para las larvas de *P. stylirostris*, su crecimiento es proporcional al peso, pero no es sigmoide, ya que no se alcanza una talla máxima asintòtica.

Las larvas de *Penaeus stylirostris* tienen un crecimiento casi lineal entre el 4° y 16° días, aunque el patròn total de crecimiento es ligeramente curvilíneo, por la pequeña inflexiòn que ocurre al final con las postlarvas, donde ya no hay procesos de metamorfosis. Sin embargo, para todo propòsito pràctico y bajo condiciones comerciales, el crecimiento de las larvas se puede considerar lineal.

7.2 Diferentes raciones de nauplios de *Artemia* y su efecto sobre el crecimiento de larvas de *Penaeus stylirostris*.

7.2.1 Análisis de las tallas y crecimiento.

La tabla 17 muestra los valores medios diarios de las mediciones de longitud total (LT) en las larvas de cada uno de los tratamientos. Para el adecuado análisis de los datos, primero se comprobó que estos tenían una distribución normal y si las varianzas eran iguales, utilizando la prueba de Bartlett bajo el criterio de la mínima diferencia significativa (Zar, 1974; Sokal y Rohlf, 1981). Esto se hizo debido a que son supuestos básicos para validar una análisis de varianza.

Tabla 17.- Longitud total (LT) promedio diario (en mm) de las larvas de *Penaeus stylirostris* en cada uno de los tratamientos (95% I.C.); n=10 en cada uno.

DIA/TRATAMIENTO	"A"	"B"	"C"	"D"
1	2.08(0.06)	2.11(0.06)	2.07(0.05)	2.09(0.04)
2	2.12(0.08)	2.12(0.07)	2.12(0.08)	2.11(0.06)
3	2.15(0.10)	2.15(0.11)	2.16(0.10)	2.16(0.09)
4	2.23(0.13)	2.21(0.11)	2.23(0.09)	2.23(0.08)
5	2.35(0.12)	2.29(0.14)	2.32(0.12)	2.34(0.10)
6	2.47(0.15)	2.42(0.16)	2.45(0.15)	2.45(0.14)
7	2.64(0.17)	2.61(0.19)	2.66(0.17)	2.66(0.12)
8	2.89(0.17)	2.81(0.17)	2.94(0.15)	2.86(0.17)
9	3.04(0.15)	3.03(0.19)	3.18(0.18)	3.18(0.19)
10	3.20(0.14)	3.17(0.18)	3.37(0.20)	3.46(0.23)
11	3.33(0.18)	3.39(0.18)	3.54(0.16)	3.80(0.25)
12	3.42(0.19)	3.56(0.16)	3.68(0.18)	3.89(0.24)
13	3.48(0.20)	3.74(0.09)	3.84(0.15)	4.28(0.25)
14	3.52(0.16)	3.81(0.11)	4.01(0.14)	4.46(0.19)
15	3.55(0.17)	3.89(0.11)	4.15(0.08)	4.62(0.21)
16	3.58(0.15)	3.93(0.11)	4.20(0.09)	4.87(0.13)
17	3.61(0.14)	3.97(0.14)	4.37(0.11)	5.16(0.26)
18	3.61(0.10)	4.09(0.09)	4.38(0.13)	5.36(0.21)
19	3.62(0.10)	4.14(0.08)	4.43(0.13)	5.55(0.22)

El primer día, la tallas de las larvas, que se encontraban en Pz, fueron estadísticamente iguales (tablas 18 y 19), con valores medios de 2.08 ± 0.06 , 2.11 ± 0.06 , 2.07 ± 0.05 y 2.09 ± 0.04 mm de LT, para los tratamientos "A", "B", "C" y "D", respectivamente.

Tabla 18.- Análisis de varianza de una vía para las tallas iniciales de las larvas de *Penaeus stylirostris* entre los cuatro tratamientos.

F. VARIACION	S. CUADRADOS	G.L.	C. MEDIO	F _{crit}	N. SIGNIFICANCIA
E. tratamientos	0.00967	3	0.00322	0.422	0.7385
D. tratamientos	0.27521	36	0.00764		
Total corregido	0.28488	39			

Tabla 19.- Prueba LSD de comparaciones múltiples entre tallas iniciales de las larvas de *Penaeus stylirostris* de los cuatro tratamientos.

TRATAMIENTO	N. OBSERVACIONES	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
"C"	10	2.07	I
"A"	10	2.08	I
"D"	10	2.09	I
"B"	10	2.11	I

-Intervalos LSD del 95%.

Para el 7º día, cuando se reiniciaron las mediciones, las tallas todavía eran iguales (tablas 20 y 21), con 2.64 ± 0.17 , 2.61 ± 0.19 , 2.66 ± 0.17 y 2.66 ± 0.12 mm de LT promedio para cada tratamiento respectivo. Las tallas del 2º al 6º día se calcularon con las ecuaciones de crecimiento diario (ver subcap. 7.1.3).

Tabla 20.- Análisis de varianza de una vía para las tallas del 7° día de las larvas de *Penaeus stylirostris* entre los cuatro tratamientos.

F. VARIACION	S. CUADRADOS	G.L.	C. MEDIO	F _{crit}	N. SIGNIFICANCIA
E. tratamientos	0.01722	3	0.00574	0.094	0.9831
D. tratamientos	2.27521	36	0.06140		
Total corregido	0.22773	39			

Tabla 21.- Prueba LSD de comparaciones múltiples entre tallas del 7° día de las larvas de *Penaeus stylirostris* de los cuatro tratamientos.

TRATAMIENTO	N. OBSERVACIONES	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS
"B"	10	2.61	I
"D"	10	2.62	I
"A"	10	2.64	I
"C"	10	2.66	I

-Intervalos LSD del 95%.

Al final del experimento, 19° día, hubo diferencias altamente significativas entre las tallas de todos los tratamientos (tablas 22 y 23). El valor de las tallas finales correspondió a la cantidad de nauplios suministrados en cada tratamiento; 3.61 ± 0.10 , 4.14 ± 0.80 , 4.43 ± 0.13 y 5.55 ± 0.22 mm de LT final para los tratamientos "A" (30 nauplios/larva/día), "B" (60 nauplios/larva/día), "C" (120 nauplios/larva/día) y "D" (260 nauplios/larva/día), respectivamente.

Tabla 22.- Análisis de varianza de una vía para las tallas del 19° día de las larvas de *Penaeus stylirostris* entre los cuatro tratamientos.

F. VARIACION	S. CUADRADOS	G.L.	C. MEDIO	F _{crit}	N. SIGNIFICANCIA
E. tratamientos	20.11462	3	6.70487	124.194	0.000
D. tratamientos	1.94353	36	0.05399		
Total corregido	22.05815	39			

Tabla 23.- Prueba LSD de comparaciones múltiples entre tallas del 19º día de las larvas de *Penaeus stylirostris* de los cuatro tratamientos.

TRATAMIENTO	N. OBSERVACIONES	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS
"A"	10	3.61	I
"B"	10	4.14	I
"C"	10	4.43	I
"D"	10	5.55	I

-Intervalos LSD del 95%.

Las curvas de crecimiento de cada uno de los tratamientos se presentan en las figuras 46 a 49. La modificación de las raciones fue a partir del 6º día, cuando los tratamientos "A" y "B" se mantuvieron con su ración correspondiente y el "C" y "D" cambiaron a 60 nauplios/larva/día. En el 8º día el tratamiento "D" se cambió a 180 nauplios/larva/día y después se le suministraron nauplios en exceso, con un máximo de 260 nauplios/larva/día.

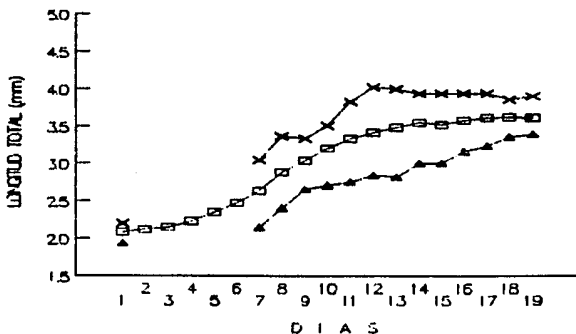


Fig. 46.- Crecimiento diario en longitud total (mm) observado en larvas y postlarvas de *Penaeus stylirostris* del tratamiento "A" (30 nauplios/larva/día). Crecimiento mínimo (↘), promedio (◻), y máximo (↗).

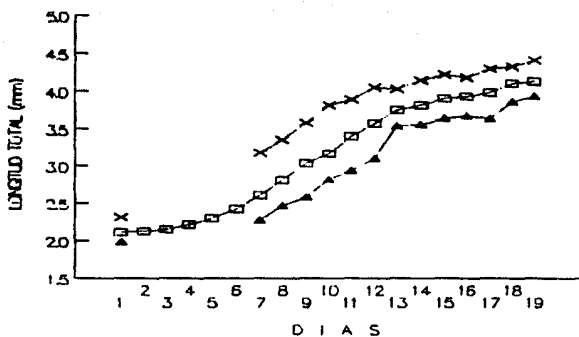


Fig. 47.- Crecimiento diario en longitud total (mm) observado en larvas y postlarvas de *Penaeus stylirostris* del tratamiento "B" (60 nauplios/larva/día). Crecimiento mínimo (▲), promedio (□), y máximo (x).

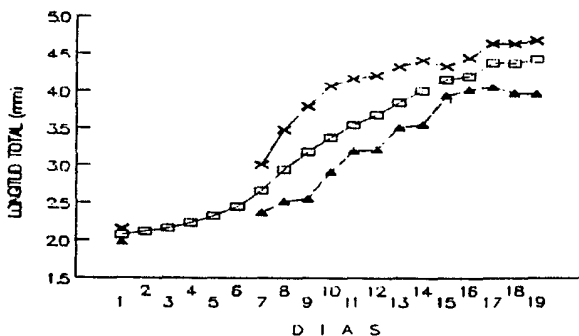


Fig. 48.- Crecimiento diario en longitud total (mm) observado en larvas y postlarvas de *Penaeus stylirostris* del tratamiento "C" (120 nauplios/larva/día). Crecimiento mínimo (▲), promedio (□), y máximo (x).

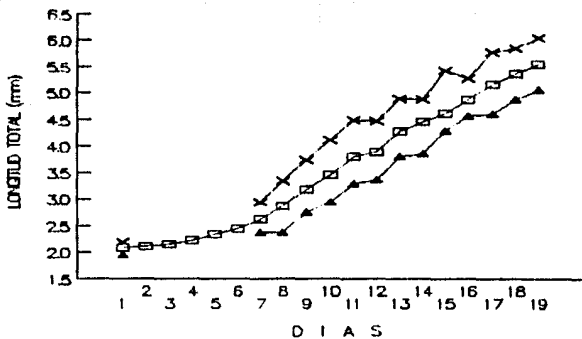


Fig. 49.- Crecimiento diario en longitud total (mm) observado en larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris del tratamiento "D" (260 nauplios/larva/día). Crecimiento mínimo (\blacktriangledown), promedio (\blacktriangle), y máximo (\times).

El efecto de las raciones sobre el crecimiento se empezó a reflejar en el 10^o día, cuatro días después de la separación de los tres primeros tratamientos, donde ya se observa un acomodo de las tallas en orden creciente, de acuerdo a la cantidad de nauplios suministrados (Fig. 50).

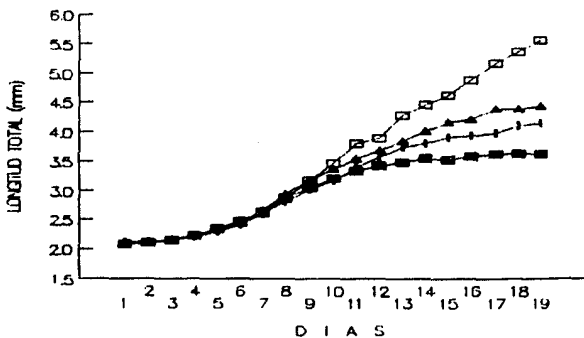


Fig. 50.- Crecimiento promedio diario en longitud total (mm) observado en larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris en los tratamientos "A" (\bullet), "B" (\blacktriangle), "C" (\blacktriangledown) y "D" (\square).

Para el 13° día los tratamientos son significativamente diferentes, aunque todavía existe similitud entre las tallas de los tratamientos "B" y "C". Esta condición se mantiene hasta el 15° día, cuando todos los tratamientos son diferentes y permanece el acomodo de las tallas en orden creciente de acuerdo a la ración.

El efecto de las raciones sobre la tasa de crecimiento se verificó a través de un análisis de covarianza y la prueba de comparación múltiple de Newman-Keuls (Zar, 1974). Se encontró que existe diferencia altamente significativa entre las tasas de crecimiento de cada tratamiento y que todas difieren entre sí (tablas 24 y 25). Las tasas promedio de crecimiento diario estuvieron directamente relacionadas con la ración; estas fueron de 0.08, 0.11, 0.13 y 0.19 mm LT/ día para los tratamientos "A", "B", "C" y "D", respectivamente.

Tabla 24.- Análisis de covarianza entre las pendientes (b) de las tallas de las larvas de *Panaeus stylirostris* de los cuatro tratamientos.

	Ex	E _{xy}	E _{y²}	n	b	S. C.	g.l.
Trat. "A"	1 820	134.52	19.74	130	0.07	9.80	128
Trat. "B"	1 820	229.51	37.10	130	0.13	8.16	128
Trat. "C"	1 820	266.38	47.00	130	0.15	8.01	128
Trat. "D"	1 820	444.35	122.65	130	0.24	14.16	128
Reg. mez.						40.13	512
Reg. com.	7 280	1 074.76	226.49		0.15	67.82	
Reg. tot.	7 280	1 074.52	273.80	520		115.20	518

$$H_0: b_{A^*} = b_{B^*} = b_{C^*} = b_{D^*}$$

$$H_1: b_{A^*} \neq b_{B^*} \neq b_{C^*} \neq b_{D^*}$$

$$F_{act.} = 131.85$$

$F_{0.05(11), 5, 512} = 2.61$, se rechaza H_0 (las pendientes no son iguales).

Tabla 25.- Prueba de comparación múltiple para determinar que pendientes (b) son diferentes. (Prueba de Newman-Keuls de intervalo múltiple).

Categoría de las pendientes	"A"	"B"	"C"	"D"
Pendientes (b)	0.07	0.13	0.15	0.24

$$H_0: b_1 = b_2$$

$H_a: b_1 \neq b_2$; donde 1 y 2 son tratamientos distintos.

$$g.l._r = 512$$

COMPARACION (2 vs. 1)	DIFERENCIA ($b_2 - b_1$)	SE	q	P	$q_{0.05, 512, P}$	CONCLUSION
"D"- "A"	0.17	7.1×10^{-3}	23.94	4	3.633	Se rechaza H_0
"D"- "B"	0.11	6.9×10^{-3}	15.94	3	3.314	Se rechaza H_0
"D"- "C"	0.09	6.9×10^{-3}	13.04	2	2.772	Se rechaza H_0
"C"- "A"	0.08	6.1×10^{-3}	13.11	3	3.314	Se rechaza H_0
"C"- "B"	0.02	5.8×10^{-3}	3.44	2	2.772	Se rechaza H_0
"B"- "A"	0.06	6.2×10^{-3}	9.67	2	2.772	Se rechaza H_0
Conclusión total $b_a \neq b_b \neq b_c \neq b_d$						

El efecto de la ración de nauplios de *Artemia* sobre las larvas de *P. stilirostris*, se observó tanto en la talla final como en la tasa de crecimiento, presentándose las dos en orden creciente, de acuerdo a la ración. es decir, existe una relación directa entre el crecimiento y la cantidad de alimento suministrado. Varios investigadores ya han señalado que la alimentación ejerce una influencia primordial sobre el desarrollo y supervivencia de las larvas de peneidos (Alfonso et al., 1985). Este tema se discutirá en los subcapítulos siguientes.

7.2.2 Consumo de nauplios de *Artemia*.

El experimento se inició con una ración de 30 nauplios/larva/día, que se mantuvo hasta el 5º día. A partir del 6º día se modificaron las raciones; el tratamiento "A" con 15 nauplios/larva/día, el "B" con 30 nauplios/larva/día y el "C" y "D" con 60 nauplios/larva/día. En el 8º día el tratamiento "C" mantuvo su ración correspondiente y el tratamiento "D" se cambió a 180 nauplios/larva/día. Después de este día solo el último tratamiento sufrió cambios, suministrándole nauplios en exceso, con un máximo de 260 nauplios/larva/día para mantener una ingestión "ad libitum".

El consumo de nauplios de *Artemia* por parte de las larvas y postlarvas de *P. stylirostris* en cada uno de los tratamientos se presenta en la tabla 27. Su comportamiento se observa en las figuras 51 a la 54.

Tabla 27.- Consumo promedio diario de nauplios de *Artemia* por larvas y postlarvas del camarón azul *Penaeus stylirostris* en cada tratamiento.

DIA	"A"		"B"		"C"		"D"	
	CONS.	RACION	CONS.	RACION	CONS.	RACION	CONS.	RACION
1	14	30	11	30	14	30	15	30
2	7	30	6	30	7	30	9	30
3	17	30	16	30	21	30	17	30
4	12	30	9	30	11	30	10	30
5	18	30	20	30	21	30	24	30
6	15	15	23	30	38	60	52	60
7	14	15	26	30	50	60	40	60
8	14	15	28	30	51	60	82	180
9	14	15	29	30	58	60	124	180
10	15	15	30	30	57	60	82	100
11	15	15	30	30	58	60	117	120
12	15	15	30	30	59	60	162	180
13	15	15	30	30	60	60	182	240
14	15	15	30	30	60	60	187	240
15	15	15	30	30	60	60	236	240
16	15	15	30	30	60	60	198	260
17	15	15	30	30	60	60	200	240
18	15	15	30	30	60	60	206	240

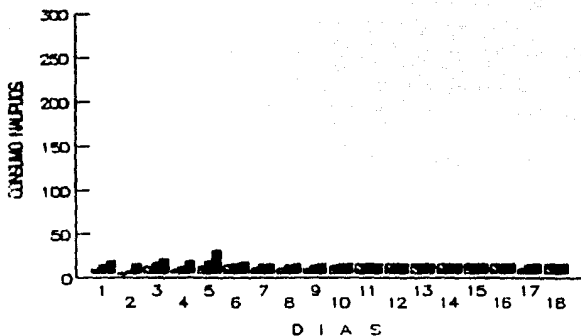


Fig. 51.- Consumo diario de nauplios de Artemia por larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris en el tratamiento "A" (30 nauplios/larva/día). Consumo mínimo (▨), promedio (■) y máximo (■).

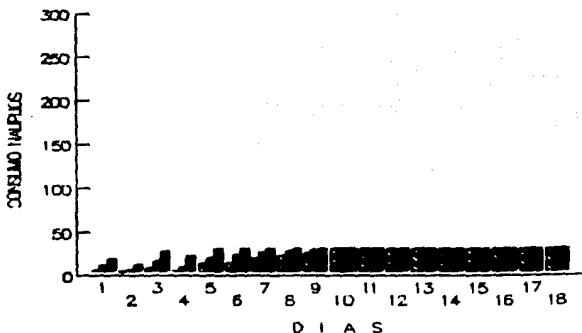


Fig. 52.- Consumo diario de nauplios de Artemia por larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris en el tratamiento "B" (60 nauplios/larva/día). Consumo mínimo (▨), promedio (■) y máximo (■).

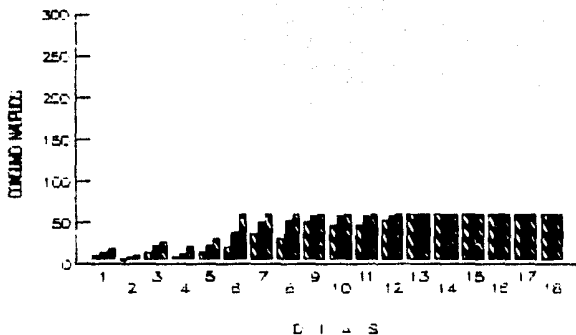


Fig. 53.- Consumo diario de nauplios de Artemia por larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris en el tratamiento "C" (120 nauplios/larva/día). Consumo mínimo (▨), promedio (■) y máximo (▩).

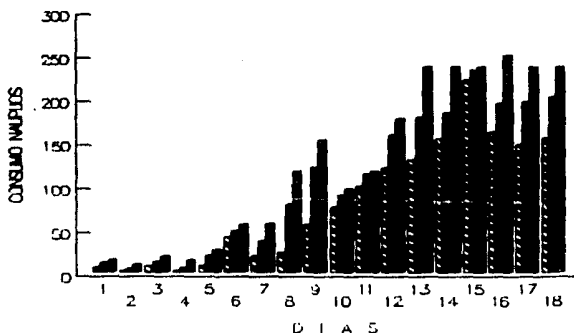


Fig. 54.- Consumo diario de nauplios de Artemia por larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris en el tratamiento "D" (260 nauplios/larva/día). Consumo mínimo (▨), promedio (■) y máximo (▩).

Para efecto del calculo de la tasa de ingestión, los resultados de los tratamientos "A" y "B" solo se incluyeron hasta el 6° día, el tratamiento "C" solo hasta el 8° día y los del tratamiento "D" fueron considerados todos. Los valores promedio del consumo diario se observan en la figura 55.

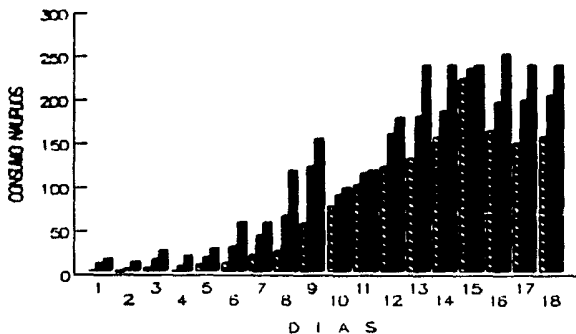


Fig. 55.- Consumo promedio diario de nauplios de Artemia por larvas y postlarvas de Penaeus stylirostris. Consumo mínimo (▨), promedio (▧) y máximo (■).

El primer día las larvas ingirieron 14 nauplios en promedio, con 5 como mínimo y 18 como máximo, los cinco días subsiguientes se mantiene su consumo con oscilaciones entre los 7 y 20 nauplios. Después del 6° día aumenta paulatinamente, hasta llegar a la ingestión máxima de 236 nauplios en el 15° día. A partir de ahí, se estabiliza el consumo, entre los 198 a 206 nauplios por día.

La ingestión de nauplios de Artemia por los estadios larvarios de P. stylirostris se presentan en la tabla 28. El consumo se inicia en el estadio de

Pz, con 12 nauplios por día, la tasa de consumo máximo se observó en las etapas de Pl₃, con 217 nauplios por día. Para decrecer levemente y mantenerse estable entre los 206 y 197 nauplios por día en las Pl₁₀₋₁₂ (Fig. 56).

Tabla 28.- Consumo mínimo, promedio y máximo de nauplios de *Artemia* por cada estadio larvario del camarón azul *Penaeus stylirostris* (D.S.= desviación standard).

ESTADIO	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	D.S.
Pz ₃	6	12	18	4
M ₁	7	13	23	6
M ₂	8	22	50	12
M ₃	23	45	60	13
Pl ₁	27	65	120	28
Pl ₂	75	110	148	24
Pl ₃	59	103	156	30
Pl ₄	87	108	120	12
Pl ₅	108	143	180	23
Pl ₆	124	168	225	33
Pl ₇	133	190	240	39
Pl ₈	159	217	240	25
Pl ₉	165	217	253	32
Pl ₁₀	160	206	240	26
Pl ₁₁	151	197	240	31
Pl ₁₂	158	197	225	24

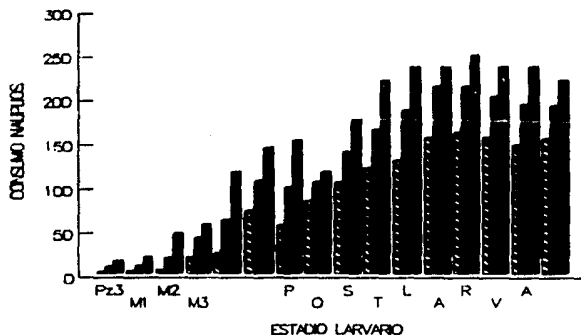


Fig. 56.- Consumo promedio de nauplios de *Artemia* por estadios larvarios y postlarvas de *Penaeus stylirostris*. Consumo mínimo (▨), promedio (■) y máximo (▤).

La tasa de ingestión de nauplios de *Artemia* por parte de las larvas y postlarvas de *P. stylirostris* aumentó con el tiempo, a excepción del período inicial (primeros cinco días) que presentó oscilaciones; y durante los últimos tres días, donde se estabiliza el consumo de nauplios.

Esto indica que las tasas de consumo de alimento por individuo no son constantes en ningún estadio larval. La variación mostrada durante los primeros cinco días quizá pueda estar relacionada con los estadios larvarios y las fases de la muda, que aunque para cada estadio larvario en particular fue aumentando el consumo respecto al tiempo, al ocurrir el cambio de un estadio larvario a otro, que por lo regular lleva 1-2 días (ver subcap. 7.1.3), disminuye el consumo de nauplios. Se supone entonces que durante las últimas etapas de la muda decrece la tasa de alimentación.

Anger y Dietrich (1984) observaron que en las zoeas del cangrejo araña *Hyas araneus* (Decapoda: Majidae), se incrementa su tasa de alimentación durante la postmuda e intermuda y decrece paulatinamente hacia la muda, cuando no se alimentan. Lo mismo se observó en los estadios de protozoa a mysis de *P. stylirostris*. No se hicieron observaciones de muda en las postlarvas.

Pocos han sido los experimentos realizados sobre la tasa de predación o consumo en especies carnívoras u omnívoras del zooplancton, probablemente debido al hecho de que la preparación natural de presas no es sencilla, así como la cuantificación de la tasa de consumo, aunque ya existen algunos métodos para tal efecto (Omori e Ikeda, 1976; Dietrich y Uhling, en prensa).

Los nauplios vivos de *Artemia* son consumidos por las larvas de los camarones *P. japonicus* (Hirata et al., 1985), *P. indicus* (Emmerson, 1984) y *P. setiferus* (Wilkenfeld et al., 1981) desde el subestadio de Z. Yufera et al. (1984)

demostraron que los nauplios son consumidos desde M_2 por *P. kerathurus*, mientras que Gopalakrishnan (1976) observó el consumo de *Artemia* en estadios tan tempranos como Z_1 en *P. marginatus*. Las larvas de *P. scalsulcatus* han sido alimentadas con *Artemia* desde el subestadio de Z_2 y recientemente se encontró que los nauplios son consumidos también por las Z_2 (Samocho et al., 1989).

El presente estudio, de los primeros para *P. stylirostris*, confirma el consumo de nauplios de *Artemia* desde el estadio de Pz , y que la tasa de ingestión aumenta con la edad hasta su máximo en la Pl_1 , que presentó una LI cercana a los 5 mm.

La comparación con los resultados de otros autores, no es fácil, por varios factores. En algunos casos fue diferente el número de los estadios larvales o la duración de los mismos, en otros, solo muestran una figura representativa por cada estadio larval, suponiendo una tasa de alimentación constante, o presentan mediciones diarias, pero sin una clara separación entre las etapas larvarias.

La tasa de ingestión de nauplios de *Artemia* por *P. stylirostris* determinada en el presente trabajo fue ligeramente más baja que las estimadas para *P. marginatus*, ya que su postlarva temprana ingiere casi 200 nauplios/día (Gopalakrishnan, 1976), y para la Pz , a la Pl_1 de *P. indicus* que tuvieron una tasa de ingestión de 100-200 nauplios/larva/día (Emerson, 1984); y más similar a las estimadas para *P. kerathurus* que ingiere en promedio 56 y 87 nauplios/día en la M_{2-3} y Pl_{1-3} , respectivamente (Yáfera et al., 1984) y *Metapenaeus ensis* que tiene consumo óptimo de 10 nauplios para M_2 , 40 para Pl_2 - Pl_4 , 80 para Pl_5 y 100 para Pl_{10-14} (Chu y Shing, 1986).

Las discrepancias pueden ser parcialmente explicadas por las diferencias en las condiciones ambientales, regimenes de cultivo, diseños experimentales y cálculo de la tasa de ingestión adoptada en cada estudio.

Otra razón puede ser que se alcanzan diferentes tamaños en las postlarvas de *P. stylirostris* que otras especies en los mismos estadios. En *P. stylirostris* la longitud total fue de casi 5 mm en la postlarva 12. Una longitud similar fue estimada para *P. kerathurus* en su Pl₁₋₃ (Yáfera et al., 1984) y en la mysis de *P. indicus* (Emmerson, 1980). En cambio, *M. ensis* alcanzó casi los 5 mm de longitud total entre Pl₁₀₋₁₁, similar a la Pl₁₇ de *P. stylirostris*. Además de que los tamaños en estas dos especies se asemejan en estadios similares, también la tasa de ingestión de nauplios, en ambas especies, fue muy parecida.

La habilidad de las larvas de peneidos para consumir zooplancton depende del tipo, tamaño y movilidad de las presas, así como del tamaño de las mismas larvas. En el presente experimento, después de la Pl₁, disminuyó el consumo de nauplios y se mantuvo constante hasta la Pl₁₂. Esto quizá indica un punto de cambio en los hábitos de la alimentación; las postlarvas inician su etapa bética y su alimentación se hace reitoral, o bien que los nauplios dejan de ser un alimento atractivo por su tamaño.

De la Cruz y Ortega (1989) observaron una selección de las partículas de acuerdo a su tamaño, durante todo el desarrollo larval de *P. schmitti*. Aunque no se registraron elementos experimentales para confirmarlo en el caso de *P. stylirostris*, esto sería importante, porque el alimentar con nauplios a larvas de *P. stylirostris* más allá de la Pl₁₀, incrementaría los costos del criadero. En la UEP-CICTUS, sin tener datos precisos y argumentos claros, alimentan con nauplios hasta la Pl₁₀ y a partir de ahí se suministra alimento artificial, que

tiene un tamaño y composición nutricional adecuado para la postlarva (compara W. Dioní).

Los datos sobre el consumo de nauplios del tratamiento "D", con raciones "ad libitum", se utilizaron para estimar la tasa máxima de ingestión (T.I.) de las larvas de *P. stylirostris* en función del tamaño (peso seco). Esto se observa en las figuras 57 y 58.

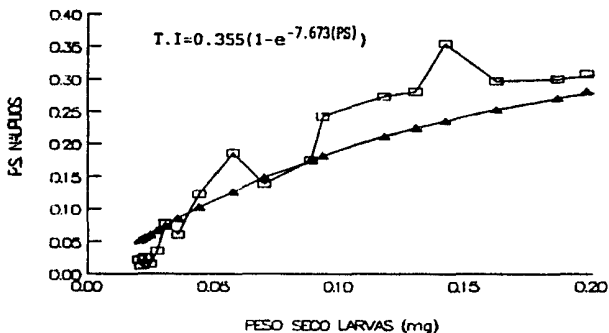


Fig. 58.- Tasa de ingestión de nauplios de *Artemia* en peso seco (mg) promedio por estadios larvarios y postlarvas de *Penaeus stylirostris*. Consumo observado (□) y calculado (▲).

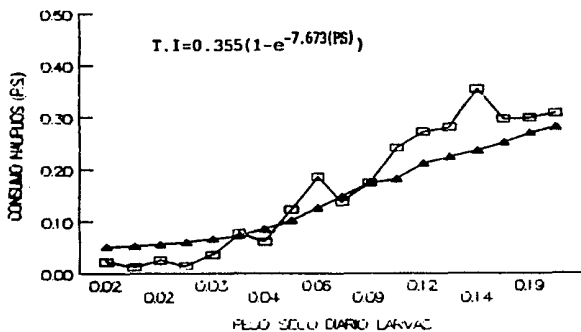


Fig. 57.- Tasa de ingestión de nauplios de *Artemia* en peso seco (mg) promedio diario de los estadios larvarios y postlarvas de *Penaeus stylirostris*. Consumo observado (□) y calculado (▲).

El cálculo de las curvas anteriores proviene de la ecuación de regresión, desarrollada para tal efecto:

$$T.I.=0.355(1-e^{-(7.472)(PS)})$$

Donde (T.I.) es la tasa de ingestión de nauplios de *Artemia* en peso seco y (PS) es el peso seco promedio de las larvas, ya sea diario (Fig. 57) ó por estadio larvario (Fig. 58). La utilidad de esta ecuación radica en el hecho de poderla emplear para estimar, de una manera predictiva, las necesidades ó raciones de nauplios de *Artemia* en la producción de postlarvas de camarón, conociendo el estadio y el tamaño promedio de las larvas.

Para calcular la tasa de ingestión por hora se utilizó la ecuación de Paffenhofer (1971), modificándola de la siguiente forma:

$$T.I.=\frac{(N_0-N_t)}{tn}$$

en donde (N_0) es el número de nauplios de *Artemia* suministrados; (N_t) es el número de nauplios de *Artemia* presentes al día siguiente; (t) y (n) corresponden al periodo experimental y número de larvas, respectivamente; que para este caso tuvieron valores constantes (t= 24 horas y n= 1 larva de *P. stylirostris* por tubo de ensayo).

La figura 59 muestra el comportamiento del consumo promedio de nauplios por hora (h). Durante los primeros cinco días fue de aproximadamente 1 nauplio/h, para incrementarse paulatinamente desde el 6° día con 2 nauplios/h a 7 nauplios/h en el 9° día; aumentando de nuevo en el 13° día con un valor cercano a los 10 nauplios/h, que se mantiene constante hasta el final del experimento.

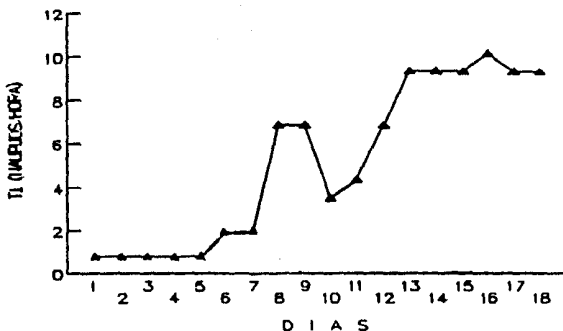


Fig. 59.- Tasa de ingestión diaria de nauplios de Artemia por hora en los estadios larvarios y postlarvas de Penaeus stylirostris.

Para los estadios larvales se observa un escalonamiento en el consumo de nauplios por hora (Fig. 60). La Pz₂ y la M₁ consumieron menos de 1 nauplio/h, la M₂ y M₃ incrementaron su consumo por individuo a 2 nauplios/h; en las etapas de postlarva se eleva el consumo de nauplios conforme avanza el tiempo, pero son evidentes dos niveles, uno de la Pl₁ a la Pl₇ con 7 nauplios/h y el otro de la Pl₈ hasta el final, en la Pl₁₂, con un valor cercano a los 10 nauplios/h.

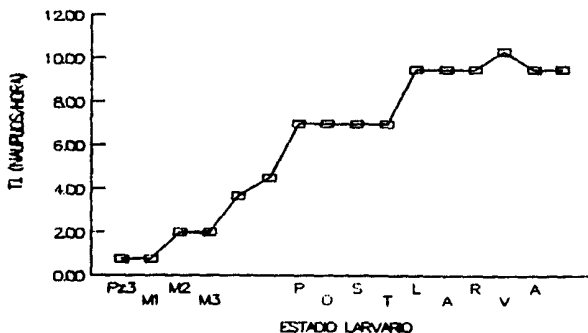


Fig. 60.- Tasa de ingestión de nauplios de Artemia por hora en los estadios larvarios y postlarvas de Penaeus stylirostris.

La comparación de las ecuaciones aquí presentadas con aquellas obtenidas para las larvas de otras especies de camarones peneidos no es sencilla porque el cálculo de la tasa de ingestión de nauplios de *Artemia* lo realizan con la ecuación original de Paffenhofer (1971), que utiliza valores de densidad (nauplios/ml) en el consumo de las larvas (Chu y Shing, 1986; Loya, 1989; Kurmaly et al., 1989a).

La importancia de conocer la tasa de ingestión junto con la talla es que se puede evaluar conjuntamente el consumo de alimento en proporción del incremento en peso de la larva. Una medida para estimar lo anterior es la tasa de consumo específico ó consumo estandarizado (Suschenya, 1970), muy comunmente empleada en experimentos de alimentación de *Artemia* (Reeve, 1963; Sick, 1976; Anderson, 1981). El consumo estandarizado es el cociente del peso seco de los nauplios consumidos entre peso seco de la larva.

El punto donde el alimento consumido es igual al peso del individuo (cuando el cociente es igual a 1), se considera como nivel de referencia para resaltar si las larvas consumen diariamente una cantidad de alimento mayor o menor al equivalente de su propio peso.

Las tasas de consumo específico de todos los tratamientos ("A" a "D") tuvieron, con ligeras oscilaciones, un comportamiento similar durante los primeros cinco días. Las larvas de los tratamientos "A" y "B" presentaron un peso seco mayor que el alimento consumido a partir del 5° y 6° día, con un consumo estandarizado de 0.80 mg y 0.90 mg, respectivamente, disminuye paulatinamente hasta el 14° día (en 0.30 y 0.50 mg, respectivamente) y luego se mantiene casi constante, sobre todo el tratamiento "A" (Fig. 61).

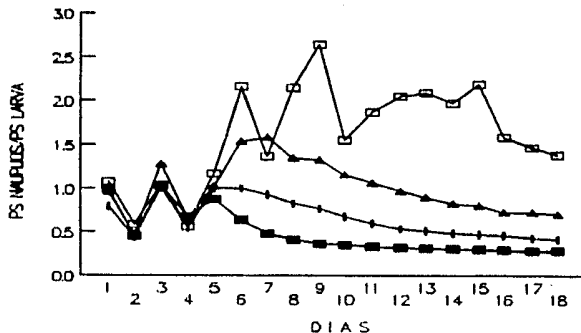


Fig. 61.- Tasa de consumo específico de nauplios de *Artemia* por larvas y postlarvas de *Penaeus stylirostris* en los tratamientos "A" (■), "B" (▲), "C" (□) y "D" (○).

Los tratamientos "A" y "B" consumieron una cantidad de nauplios que en PS fue menor al peso de la larva; se puede decir que los nauplios consumidos proporcionaron los requerimientos energéticos necesarios para el mantenimiento de las larvas a ese tamaño y condiciones de cultivo.

El tratamiento "C" alcanzó el punto de referencia (1.00 mg) en el 12° día y después disminuye lentamente hasta 0.70 mg en el último día. El tratamiento "D" desde que se separa de los tratamientos restantes tiene un consumo de nauplios en PS mayor que el peso de las larvas. Sin embargo, aunque no llega al factor señalado, es claro que después del 10° decrece la tasa de consumo específico, lo que se hace más evidente a partir del 15° día, con 2.20 mg, justamente donde aparecen las primeras Pl₁₀. Esto indica que disminuye su eficiencia en el consumo de los nauplios y aumenta su tamaño a un ritmo mayor.

7.2.3 Eficiencia de crecimiento.

Los cultivos comerciales de larvas de camarón necesitan utilizar alimentos apropiados, pero que también sean eficientes y económicos. A pesar del extendido uso de una gran variedad de alimentos (Liao *et al.*, 1983), pocos investigadores han dado detalles de la tasa de ingestión, ración óptima de alimento y eficiencia de crecimiento para larvas de los penéidos comercialmente importantes (Emmerson, 1980, 1984; Yáfera *et al.*, 1984; Kurmaly *et al.*, 1989b).

El alimento consumido es digerido, asimilado y utilizado para el crecimiento, reproducción ó metabolismo. El material no digerido es eliminado en forma de heces. La eficiencia de asimilación (A) ó eficiencia de digestión es el porcentaje del alimento consumido que es digerido. Para evaluar este parámetro se debe conocer la cantidad de alimento consumido ó ingerido (I) y la cantidad de heces eliminadas (E), los cuales deben ser medidos cuantitativamente en peso húmedo ó seco, contenido de carbón ó nitrógeno, calorías ó joules (Omori e Ikeda, 1976):

$$A = I - E / I$$

La eficiencia de crecimiento puede ser dividida de acuerdo a Conover (1964) en eficiencia bruta de crecimiento (K_1) y eficiencia neta de crecimiento (K_2). El mismo las definió como porcentajes de la siguiente manera:

$$K_1 = (C/I)100 \quad \text{y} \quad K_2 = (C/A)100$$

donde A' es la fracción decimal del material que se asimila. El crecimiento (C) y el alimento ingerido (I) deben de estar expresados en las mismas unidades de peso húmedo ó seco, contenido de carbón ó nitrógeno, calorías ó joules. La K_1 refleja la eficiencia de crecimiento, sin considerar las pérdidas por respiración y deshechos metabólicos.

Este trabajo se evaluó la eficiencia bruta de crecimiento (K_1) y representa uno de los primeros estudios para los estadios larvales y postlarvales (Pz, a P1₂) del camarón azul *Penaeus stylirostris*, alimentados con nauplios de *Artemia* en condiciones de laboratorio.

Para el cálculo de la K_1 se consideró el peso seco de cada nauplio ingerido como 0.0015 mg (Brune y Anderson, 1984) y la ganancia en peso seco de las larvas de camarón individualmente (estimando el peso seco con las ecuaciones de la tabla 12, ver subcap. 7.1.2), para cada uno de los tratamientos por separado.

Los valores de K_1 oscilaron entre 3.0 y 42.2%, con los valores promedio más altos para los tratamientos "A" (14.9%) y "B" (12.6%). En los dos tratamientos restantes, "C" y "D", se observaron valores promedio más bajos, 9.2% y 8.2%, respectivamente; pero con una menor variación, de 3.0% a 22.2% (tabla 29).

Tabla 29.- Eficiencia bruta de crecimiento (%) en larvas del camarón azul *Penaeus stylirostris* para cada tratamiento.

DIA/TRATAMIENTO	"A"	"B"	"C"	"D"
1	4.7	3.6	5.0	3.1
2	7.8	6.6	10.7	9.8
3	8.2	6.8	6.3	7.5
4	18.0	15.9	13.8	20.2
5	13.3	12.2	12.0	8.9
6	22.9	16.5	11.9	8.1
7	42.2	18.1	13.6	14.2
8	29.5	20.5	12.7	10.5
9	33.1	13.6	10.1	8.1
10	27.0	23.1	9.8	13.1
11	18.0	18.8	9.4	9.0
12	13.4	21.0	10.3	10.0
13	9.3	8.4	11.1	4.6
14	6.1	11.5	9.9	4.2
15	6.3	4.1	3.7	5.6
16	8.2	6.3	13.2	8.4
17	5.0	17.2	3.3	5.9
18	3.9	5.5	3.9	6.0
x=	14.9	12.6	9.2	8.2

Así, los tratamientos con un menor ración de nauplios ("A" y "B") presentaron una K_1 promedio mayor, en cambio los tratamientos con una mayor ración ("C" y "D") presentaron una K_1 promedio más baja. Resultados similares se han observado en el copépodo *Calanus helgolandicus*, altos valores de K_1 cuando se desarrollan a bajas concentraciones de alimento (Mullin y Brooks, 1970; Paffenhofer, 1976)

Todos los tratamientos presentaron sus valores más altos de K_1 , de 8.1% a 42.2%, entre el 4° y el 12° día del experimento (Fig. 62). Esto refleja, en parte, que en esos días la tasa de crecimiento fue muy alta.

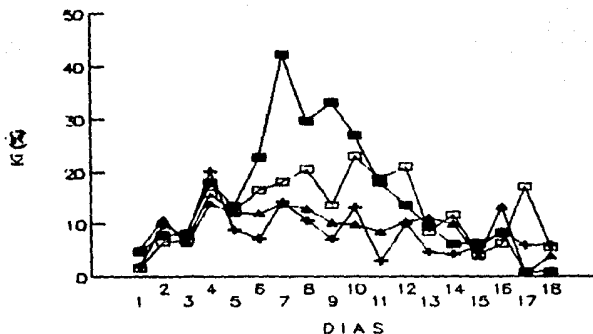


Fig. 62.- Variación diaria de la eficiencia bruta de crecimiento (K_1) en los estadios larvarios y postlarvas de Penaeus stylirostris para el tratamiento "A" (■), "B" (●), "C" (□) y "D" (▲).

La eficiencia bruta de crecimiento también refleja cambios en la eficiencia del crecimiento entre estadios. Se presentó un incremento de la K_1 entre M_2 y Pl_1 , y permanece casi constante en la parte final. Kurmaly *et al.* (1989a) estimaron un incremento de la K_1 de 6.5 a 15.8% entre M_1 y Pl_1 en *P. monodon*, manteniéndose entre 12.2 y 14.1% en los estadios de protozoa.

Sin embargo, altos valores de K_1 no necesariamente significan altas tasas de crecimiento, ya que las tallas más pequeñas alcanzadas (0.090 y 0.120 mg) fueron para los tratamientos "A" y "B", respectivamente, que fueron los de la K_1 promedio más alta; 14.9% y 12.6%, respectivamente (Fig. 63).

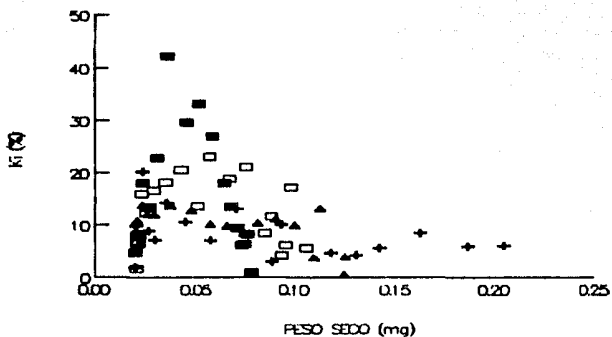


Fig. 63.- Variación de la eficiencia bruta de crecimiento (K_1) en relación con el peso seco de los estadios larvarios y postlarvas de Penaeus stylirostris para el tratamiento "A" (■), "B" (□), "C" (▲) y "D" (+).

En cambio, para los tratamientos "C" y "D" se registraron tamaños finales de 0.140 y 0.210 mg, respectivamente, pero la K_1 promedio fue más baja, con valores de 9.2% y 8.2%, estos últimos, son similares a los estimados por Kurmaly et al. (1989a) para larvas de *P. monodon*.

Lo trascendente de este trabajo es la demostración del efecto de diferentes raciones de nauplios sobre la K_1 de larvas de *P. stylirostris*, donde se observan dos resultados opuestos en el crecimiento: uno con la K_1 alta y una menor velocidad de crecimiento (tratamientos "A" y "B"), y el otro con la K_1 baja, pero con una mayor velocidad de crecimiento (tratamientos "C" y "D"). Esto es importante, desde el punto de vista económico, para la producción comercial de postlarvas de camarón, ya que se puede encontrar el equilibrio

entre la eficiencia de aprovechamiento del alimento y la talla de postlarva deseada, por medio de ajustes a las raciones de alimento.

La asimilación y la eficiencia de crecimiento reportadas para diversos crustáceos varían considerablemente, y con frecuencia las diferencias han sido atribuidas a la metodología y a las condiciones experimentales (Conover, 1964; Johns, 1982; Anger y Dietrich, 1984). La eficiencia de asimilación para el zooplancton varía entre el 7 y 99% (Corner et al., 1967; Omori e Ikeda, 1976).

La K_1 de los estadios larvales de *P. stylirostris* osciló entre 3.0% y 42.2%, con un definitivo incremento de M_2 a Pl_1 , entre 8.1% y 42.2%; lo cual refleja un mejor aprovechamiento del alimento suministrado en este periodo.

Los bajos valores de K_1 , entre 3.6% y 10.7%, de Pz_2 a M_2 ; se puede explicar por el cambio de alimento, de microalgas a nauplios de *Artemia*. Como se conoce, el zooplancton herbívoro posee una eficiencia de crecimiento baja comparada con el carnívoro, tanto por la composición del alimento como por el hecho de que no cesa de alimentarse a altas concentraciones de fitoplancton (Omori e Ikeda, 1976).

El descenso del valor de K_1 al final del experimento, puede referirse al hecho de que se hace menos eficiente el crecimiento de las larvas de *P. stylirostris*, relacionado con la disminución del consumo de nauplios después de la Pl_1 .

Estimar la eficiencia de crecimiento es importante porque permite, por una parte, conocer la proporción de la energía destinada alternativamente al crecimiento ó al metabolismo en general y la excreción. Además, en el caso de

los organismos del meroplanton, como en las postlarvas del camarón, ayuda a entender la estrategia que emplean para minimizar su estancia en el plancton, donde las características ambientales afectan la velocidad de crecimiento y la cantidad y calidad del alimento, y la presión de predación es muy alta comparada con los valores de energéticos del alimento que consumen.

7.2.4 Análisis combinado de la talla, tasa de ingestión y eficiencia bruta de crecimiento.

El análisis de los resultados anteriores se ha realizado solo para un factor en particular (efecto de las raciones sobre el crecimiento, tasa de ingestión, eficiencia de crecimiento, etc.). Sin embargo, es posible suponer que todos estos factores intervienen en forma conjunta en el desarrollo de las larvas de *Penaeus stylirostris*. Por lo tanto, es importante hacer un análisis integral de los resultados del experimento.

Para conocer el efecto combinado del tamaño expresado como peso seco (P.S.) y la tasa de ingestión de nauplios (T.I.) también en peso seco sobre la eficiencia bruta de crecimiento (K_1) se utilizaron los datos de la talla de las larvas (tabla 17), transformados a P.S. por medio de la ecuación $P.S.=0.003(L.T.)^{2.44}$; tasa de ingestión de nauplios (tabla 26) y los valores diarios de K_1 (tabla 28). Para "suavizar" el patrón de variación de los resultados se aplicó el promedio saltado ("moving average") diario de los datos de K_1 . Los valores de P.S. y T.I. se transformaron logarítmicamente para tener una distribución más amplia en las gráficas. Se determinó una regresión polinomial de tercer grado para la K_1 en función de los valores transformados de T.I. y P.S. (tabla 29).

Tabla 29.- Modelo de regresión polinomial para la K_t en función de los valores logarítmicamente (\log_{10}) transformados de peso seco y tasa de ingestión de larvas de *P. stylirostris*.

VARIABLE	COEF. EST.	COEF. STD.	"t"	$P_{(2V100)}$
intercepto	-727.181	150.477	-4.83	<0.001
log(TI)	454.673	48.776	6.88	<0.001
log(PS)	748.524	32.205	2.73	0.008
log(TI)Xlog(PS)	-641.172	-153.149	-6.87	<0.001
log(TI) ²	58.256	16.591	3.11	0.003
log(PS) ²	-55.407	-8.654	-0.31	0.756
log(TI) ³	6.626	4.625	1.03	0.308
log(PS) ³	-73.556	-32.060	-1.85	0.070
log(TI)Xlog(PS) ²	228.559	126.388	6.74	<0.001
log(PS)Xlog(TI) ²	-51.201	-32.009	-3.33	0.002
r multiple	0.869			
r ² multiple	0.755			
n	68			

ANALISIS DE VARIANZA

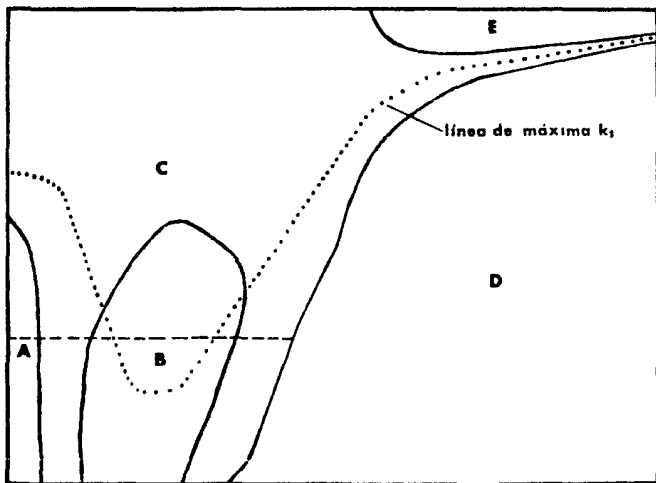
fuerza	S. C.	g.l.	c.m.	$F_{(a)}$	P
regresión	2 300.339	9	255.593	19.844	<0.001
residual	747.052	58	12.880		

Los cambios diarios observados en los valores de K_t pueden ser explicados por un efecto combinado del crecimiento (en P.S.) y la cantidad de nauplios consumidos (T.I.), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$K_t = -727.2 + 454.7(\text{PS}) + 748.5(\text{TI}) - 641.2(\text{PS})(\text{TI}) + 58.3(\text{TI})^2 - 55.4(\text{PS})^2 + 6.6(\text{TI})^3 - 73.6(\text{PS})^3 + 228.6(\text{PS})^2(\text{TI}) - 51.2(\text{PS})(\text{TI})^2$$

Donde:

$$\begin{aligned} n &= 68 \\ r^2 &= 0.755 \\ \text{g.l.} &= 67 \\ F &= 19.84 \\ P &< 0.001 \end{aligned}$$



El análisis estadístico para conocer la interacción de las variables (tabla 29, columnas 4 y 5) indica una contribución significativa ($P < 0.01$) por parte de la tasa de ingestión, el tamaño de las larvas y la interacción entre estos dos parámetros. Los coeficientes derivados de este análisis fueron empleados para generar una superficie de respuesta (Fig. 64) para la K_1 en función de la transformación logarítmica del peso seco de las larvas y su tasa de ingestión diaria.

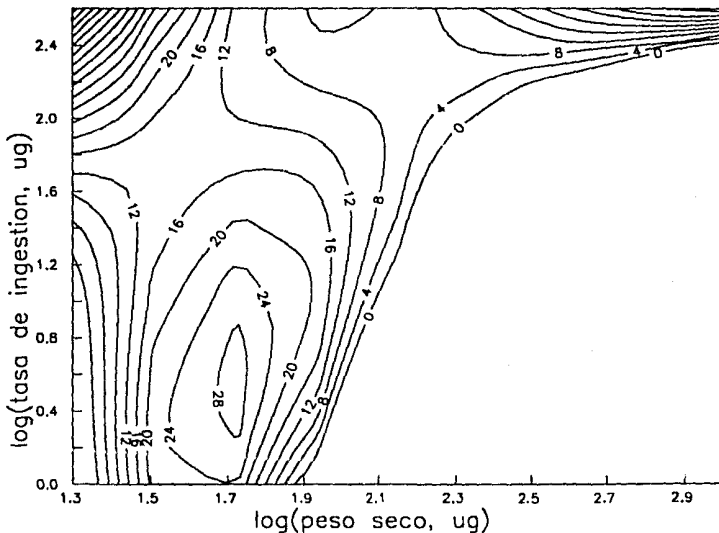


Fig. 64.- Superficie de respuesta para los valores diarios de la eficiencia bruta de crecimiento (K_1) en el crecimiento larvario de *Panaeus stylirostris* en función de la transformación logarítmicamente de los valores diarios de peso seco de las larvas y su tasa de ingestión de nauplios.

La superficie de respuesta ilustra integralmente los cambios que ocurren en la K_1 durante el desarrollo de las larvas de *P. stylirostris* en función de la combinación de su tasa de ingestión y de su tamaño, como se explica a continuación:

- 1) Los valores de K_1 al inicio del crecimiento son bajos ($K_1 < 4\%$). En este momento los valores observados de la T.I. son relativamente pobres (Área "A" en la fig. 64).
- 2) Los valores máximos de K_1 ocurrieron alrededor de $\log P.S.=1.7$ (o sea 0.50 ug P.S.) en todos los tratamientos, con una cúspide de $K_1=28\%$ en los tratamientos con T.I. bajos (aproximadamente $\log P.S.=0.51$ o 3.2 ug P.S.). Área "B" de la figura 64.
- 3) Los valores máximos de K_1 en los altos regímenes de alimentación (zona "C", área arriba de la línea cortada en la figura 64) tienden a reducirse por encima del $\log T.I.=0.8$ o 6.3 ug de P.S.
- 4) La tendencia hacia el no crecimiento ocurre en los niveles de alimentación con valores por abajo del $\log T.I.=2.4$ y a tamaños mayores al $\log P.S.=1.88$, definidos por el contorno de la línea de $K_1=0\%$ en la superficie de respuesta (zona "D" en la figura 64).
- 5) El crecimiento continuo ($K_1 > 0\%$) para larvas más grandes de $\log P.S.=2.7$ (501 ug P.S.) solo es promovido por la tasa de ingestión mayor que $\log T.I.=2.4$ (251 ug T.I.) en la última etapa de crecimiento estudiada. Que corresponde a la zona "E" de la figura 64.

La tendencia observada refleja cambios tanto en la K_1 como en la tasa de crecimiento, dependiendo de los niveles de alimentación. Mientras que la K_1 ,

observada cae dentro de los valores reportados, los resultados particulares de este trabajo reflejan exclusivamente las condiciones de cultivo empleadas.

Sin embargo, el procedimiento analítico aquí presentado puede ser aplicable a otros sistemas, ya que proporciona un método para la predicción de la K , y, por ende, de la tasa de crecimiento, en función de las combinaciones posibles entre la talla y tasa de ingestión.

Inclusive, basándose en el presente análisis pueden ser formuladas diferentes estrategias de alimentación. Para optimizar la eficiencia de crecimiento se emplearían regímenes de alimentación que arrojen los valores máximos de K , para cada etapa de crecimiento (ver línea punteada en la figura 64). Alternativamente, se podrían alcanzar las máximas tasas de crecimiento con una alimentación "ad libitum", aunque sacrificando la eficiencia del crecimiento (valores de K , menores).

La derivación de la estrategia óptima de alimentación en condiciones comerciales puede ser obtenida con la aplicación del análisis aquí descrito y la incorporación de datos sobre el costo relativo de quistes de *Artemia*, junto con los de las operaciones generales de cultivo. No obstante, los resultados sugieren que es posible una utilización más eficiente del alimento, con niveles de alimentación considerablemente más bajos que las prácticas "ad libitum" comunmente utilizadas.

7.2.5 Demanda de nauplios en la producción de postlarvas para el estado de Sinaloa.

El desarrollo del cultivo de camarón en México es una realidad y puede tomarse al estado de Sinaloa (tabla 30), por su potencial en la camaronicultura, como

establezcan laboratorios para la producción de postlarvas destinadas a granjas camarónicas. Para calcular la demanda de *Artemia* se tomaron en cuenta las proyecciones para el estado de Sinaloa del Programa Nacional de Cultivo de Camarón (Anónimo, 1987) y la tasa de ingestión de nauplios de las larvas de *Penaeus stylirostris* estimadas en el presente trabajo y suponiendo que estas no varían significativamente entre las pespecies que se utilizan (*P. vannamei* y *P. stylirostris*).

Tabla 30.- Metas del plan camarónico en el estado de Sinaloa (SEPESCA, 1987)

ANO	GRANJAS	SUPERFICIE (Ha)	PRODUCCION (Ton)	% CRECIMIENTO
1987	44	4 237	687	60
1988	56	6 300	1 250	82
1989	76	9 400	2 687	115
1990	86	11 900	3 501	30
1991	96	13 400	4 062	16
1992	106	16 000	4 875	20
1993	116	18 500	5 625	15
1994	126	20 000	6 875	22

Para 1990 se ocuparon 1 200 millones de postlarvas de las cuales 800 fueron postlarvas silvestres (o sea el 67% del total; L. Fueyo, com. pers.). Esto indica que durante los primeros años los camaricultores han utilizado primordialmente semilla silvestre por su abundante disponibilidad y porque el desarrollo de criaderos de postlarvas ha quedado rezagado con respecto al al crecimiento de las operaciones de engorda.

Los cálculos de las necesidades de *Artemia* se hicieron de acuerdo a un abasto de postlarvas cultivadas cubriendo diferentes proporciones de las demandas anuales totales proyectadas. Para esto se consideró que los laboratorios seguirán la práctica más común de emplear nauplios de *Artemia* para alimentar

larvas de camarón desde Pz, hasta Pl, (Aquacop, 1983), aunque en algunos sistemas, como el empleado por la UEP-CICTUS, se utiliza hasta Pl.

Además se tomaron en cuenta las consideraciones de Abreu (1987), quien señala que la cantidad de nauplios de *Artemia*, expresada en gramos de quistes, necesaria para criar una postlarva varía tanto por el método usado como por la calidad del producto (Sorgeloos et al., 1986)

Al conocer los requerimientos alimenticios de las larvas bajo cultivo de acuerdo a su fase de desarrollo, es posible una planeación más exacta y eficiente del gasto diario de nauplios de *Artemia*. De las tablas 27 y 28 se obtuvieron los valores del consumo diario promedio (nauplios de *Artemia* por larva) basado en la alimentación "ad libitum" de nuestras larvas de *P. stylirostris*. Se observa que en promedio se consumen aproximadamente 700 nauplios para producir cada Pl. El consumo total de *Artemia* aumenta hasta casi 1,500 nauplios por larva si se continúa el cultivo hasta la Pl, como se hace en el sistema del CICTUS.

Abreu (1987) obtiene valores semejantes para producir cada Pl, pero para la Pl, es menor, 1,200 nauplios. Su trabajo lo hizo basado en las experiencias de la UEP del CICTUS (con datos proporcionados por A. Sanchez; tabla 7), donde se producen postlarvas de *Penaeus stylirostris* a escala comercial. Esto da una mayor confiabilidad a las estimaciones que se hacen en el presente trabajo, por lo menos hasta la Pl.

Usando el modelo empleado por Abreu (1987), se tiene que los 700 nauplios necesarios para producir una Pl, corresponden a un peso seco aproximado de 1.1 mg. Calculando los requerimientos aproximados para la producción de un millón

de Pl. se necesitan 7×10^6 nauplios de *Artemia*, que equivalen a 1.1 kg de alimento en peso seco.

Las cifras arriba derivadas se utilizaron para determinar las cantidades de nauplios de *Artemia* necesarios para producir diferentes proporciones de los requerimientos de postlarvas proyectadas en el programa de SEPESCA para el estado de Sinaloa entre 1987 y 1994.

Se calcularon las demandas de *Artemia* para alimentar una planta hipotética de criaderos con capacidad para abastecer 5, 25 o 50% de la demanda total anual de semilla calculadas en el programa de SEPESCA para Sinaloa.

Es difícil conocer la rapidez con que se alcanzarán estos niveles de utilización de la postlarva producida en laboratorio, sobre todo por falta de información oficial. Sin embargo estos niveles de abasto sirven como puntos de referencia para calcular la demanda potencial de *Artemia* en el estado de Sinaloa en función del establecimiento de los criaderos. Los resultados de estas determinaciones se presentan en la tabla 31.

Tabla 31.- Proyección de la demanda anual de nauplios de *Artemia* para abastecer el 5%, 25% o 50% de la demanda total/anual de semilla para el programa camaronicola del estado de Sinaloa.

AÑO	DEMANDA PROYECTADA (millones de postlarvas)	DEMANDA ANUAL DE NAUPLIOS (mil millones)		
		5% (de la demanda anual de semilla)	25%	50%
1987	142	5	25	50
1988	274	10	48	96
1989	500	17	87	174
1990	695	24	122	244
1991	857	30	150	300
1992	1 084	38	190	380
1993	1 356	47	237	474
1994	1 567	59	274	548

Así, para el año de 1994 cuando se proyecta una demanda total de 1 567 millones de semillas anualmente se requerirían 59, 274 ó 548 mil millones de nauplios por año para alimentar hasta Pl, el 5, 25 ó 50%, respectivamente, del total de postlarvas. Estas cantidades de nauplios, traducidos a cantidades de quistes con 90% de eclosión equivale a 295, 1 370 y 2 740 kg por año, respectivamente.

Abreu (1987) considera que hay tendencias hacia un superavit en el mercado internacional de quistes de *Artemia*, y que probablemente los laboratorios nacionales tendrán disponibilidad de este insumo por lo menos los primeros años de actividades. Sin embargo, conforme el consumo rebase los mil kilogramos por año, será factible que se enfrenten con dificultades de abasto, en particular para productos de alta calidad. Antes que esto ocurra es importante considerar oportunidades nacionales para explotar poblaciones nativas o artificialmente inoculadas, además de establecer sistemas de cultivo integrados a las actividades de los laboratorios.

El costo de los quistes de *Artemia* es alto; entre los 23 y 85 dólares U.S.A. por kg (van Baller, 1986) y su uso en criaderos representa una proporción considerable de los gastos, elevándose hasta el 30% de los costos totales de operación. Más aun, los quistes generalmente se adquieren en divisas extranjeras fuertes sujetas a revaluaciones continuas, por lo menos respecto a nuestra moneda.

Para contrarrestar estos gastos y además en lo posible generar un abasto independiente, se pueden identificar varias opciones: 1) optimizar el uso de *Artemia* en sus diferentes formas; 2) ampliar la explotación de *Artemia* a poblaciones naturales o artificialmente inoculadas en el país; 3) integrar

cultivos de *Artemia* a operaciones de criaderos y viveros de camarón; y 4) buscar otros organismos, con características similares a los nauplios de *Artemia*, susceptibles de utilizarse como fuente de alimento en los criaderos.

8 CONCLUSIONES

De los resultados sobre el estudio del cultivo comercial de postlarvas de *Penaeus stylirostris* en las instalaciones de la UEP-CICTUS se concluye lo siguiente:

- 1) Los huevos de *P. stylirostris* tienen un diámetro promedio de 0.27 mm y un peso seco (PS) promedio de 0.011 mg. Los nauplios (N) promediaron 0.40 mm de longitud total (LT) y 0.011 mg de PS. Las protozoas (Pz) midieron, en promedio, 0.70 mm de longitud cefalotofácica (LC), 1.38 mm de LT y 0.026 mg de PS. En las mysis (M) se obtuvieron promedios de 1.49 mm de LC, 4.33 mm de LT y 0.121 mg de PS. Las postlarvas (Pl) tuvieron en promedio 1.95 mm de LC, 6.30 mm de LT y 0.321 mg de PS.
- 2) Los datos biométricos para cada uno de los subestadios larvarios de *P. stylirostris* fueron en promedio: 0.35 mm de LT y 0.011 mg de PS, 0.38 mm de LT y 0.011 mg de PS, 0.38 mm de LT y 0.011 mg de PS, 0.40 mm de LT y 0.011 mg de PS, 0.42 mm de LT y 0.012 mg de PS y, 0.48 mm de LT y 0.012 mg de PS, respectivamente para N₁ hasta N₆. Las protozoas presentaron 0.49 mm de LC, 0.88 mm de LT y 0.018 mg de PS para la Pz₁; 0.76 mm de LC, 1.45 mm de LT y 0.028 mg de PS las Pz₂ y en las Pz₃ 1.07 mm de LC, 2.39 mm de LT y 0.039 mg de PS. En las mysis se obtuvieron valores de 1.28 mm de LC, 3.42 mm de LT y 0.060 mg de PS para la M₁; 1.47 mm de LC, 4.14 mm de LT y 0.111 mg de PS en la M₂ y; para la M₃ fueron 1.64 mm de LC, 5.07 mm de LT y 0.170 mg de PS. La Pl₁ presentó valores promedio de 1.86 mm de LC, 5.88 mm de LT y 0.245 mg de PS.

- 3) La relación entre las longitudes (LC-LT) fue isométrica positiva en todos los estadios larvarios, aunque para las mysis y postlarvas se presentó una mayor proporcionalidad entre las tallas. En las protozoas esta relación no es tan clara dado que apenas aparece el cefalotorax y el rostro es inexistente todavía en la Pz.
- 4) Las relaciones talla-peso seco exhibieron un comportamiento de tipo potencial. Se observa un incremento gradual de la pendiente (b), a partir del estadio nauplio, que difiere significativamente de 3, a un valor cercano a 3 en las mysis y postlarvas. El crecimiento en los nauplios y protozoas se considera alométrico y para las mysis y postlarvas se observó una tendencia al isométrico.
- 5) La utilidad de las relaciones biométricas calculadas para las larvas y postlarvas de *P. stylirostris* reside en que se pueden hacer estimaciones de biomasa, a partir del valor de su talla, para conocer la cantidad adecuada de alimento necesario en cualquier estadio larvario.
- 6) El desarrollo larvario de *P. stylirostris*, salvo en los primeros cinco días, presentó variedad en cuanto al número de estadios larvarios. Por lo general están presentes de 2 a 3 estadios larvales a la vez en el cultivo y, la distribución de los estadios está sesgada hacia la derecha. El índice de desarrollo (I.D.) para larvas de *P. stylirostris* en condiciones de producción comercial fue prácticamente lineal. El primer individuo en etapa de P1, se presentó en el día 14.

- 7) El modelo de crecimiento durante el desarrollo larvario de *P. stylirostris* no es homogéneo. Para el caso de los nauplios se ajustó a un modelo lineal. Los parámetros de crecimiento diario a partir del estadio de protozoa se obtuvieron para el modelo de von Bertalanffy, las ecuaciones calculadas para el crecimiento diario fueron:
- $$L_{t(i)} = 11.036(1 - e^{-0.096(1+0.275)^t}) \quad y$$
- $$FS_{t(i)} = 1.277(1 - e^{-0.096(1+0.275)^t})^{2.441}, \text{ para } L_t \text{ en } \mu\text{m} \text{ y } FS \text{ en } \mu\text{g.}$$
- respectivamente.

Para el experimento de las diferentes raciones de nauplios de *Artemia* y su efecto sobre la tasa de ingestión y tasa de crecimiento de las larvas de *P. stylirostris* se llegó a las siguientes conclusiones.

- 8) Se presentaron diferencias altamente significativas entre las tallas finales de todos los tratamientos; 3.61, 4.14, 4.43 y 5.55 μm de L_t para los tratamientos "A", "B", "C" y "D", respectivamente. También se encontraron diferencias altamente significativas entre las tasas de crecimiento de todos los tratamientos. La tallas finales y las tasas de crecimiento promedio diario fueron directamente proporcionales a las raciones alimenticias de cada tratamiento.
- 9) El consumo de nauplios de *Artemia* se inició en la Pz_2 de *P. stylirostris*, que ingirió 14 nauplios en promedio, a partir del 6º día aumentó paulatinamente, hasta llegar al consumo máximo de 236 nauplios en promedio, en el 15º día (Pl_{7-9}). El consumo decreció levemente y se mantuvo entre los 198-206 nauplios en promedio por día (Pl_{10-12}). La tasa de ingestión de nauplios aumenta con la edad hasta la etapa de Pl_1 .

- 10) La ecuación obtenida para calcular la tasa de ingestión (T.I.) de nauplios de *Artemia* en PS fue $T.I. = 0.355(1 - e^{-0.477PS})$, (PS) es el peso seco promedio de las larvas de *P. stylirostris*, ya sea por día o por estadio larvario. El consumo promedio de nauplios por hora (h) fue de uno a dos durante los primeros seis días, luego se incrementó a más de seis nauplios/h en el 9° día y alcanzó un valor cercano a los 10 nauplios/h después del 13° día.
- 11) Los estadios larvales de *P. stylirostris* presentaron un escalonamiento en el consumo de nauplios por hora (h), la Pz, y la M₁ consumieron menos de un nauplio/h, la M₂, incrementó su consumo a dos nauplios/h y en las etapas de postlarva se eleva el consumo conforme avanza el tiempo, aunque son evidentes dos niveles; el primero de la P₁₋₄ con casi siete nauplios/h y el otro de la P₇₋₁₂ con un valor cercano a los 10 nauplios/h.
- 12) Se evaluó la eficiencia bruta de crecimiento (K₁), lo que representa uno de los primeros trabajos para larvas y postlarvas de (Pz,-P₁₂) *P. stylirostris*. Los valores oscilaron entre 3.0 y 42.2%, con los promedios más altos en los tratamientos "A" y "B", los dos tratamientos restantes registraron valores más bajos, entre 3.0 y 20.2%, pero estos fueron constantes a lo largo del experimento. Los PS más pequeños alcanzados, 0.090 y 0.120 mg fueron para los dos primeros tratamientos, en cambio los tratamientos "C" y "D" registraron un PS más alto, con 0.140 y 0.210 mg, respectivamente.
- 13) Los cambios diarios observados en los valores de la eficiencia bruta de crecimiento (K₁) de larvas de *P. stylirostris* pueden ser explicados, con significativa certeza (P<0.01), por la cantidad de

nauplios consumidos diariamente (en PS), por el tamaño de las larvas (también en PS) y por el efecto combinado de estos dos parámetros.

- 14) El procedimiento analítico presentado en este trabajo puede ser aplicable a otros sistemas, ya que proporciona un método para la predicción de la eficiencia bruta de crecimiento (K₁) y, por lo tanto, de la tasa de crecimiento, en función de las combinaciones posibles entre talla de la larva de *P. stylirostris* y la tasa de ingestión de nauplios *Artemia*.
- 15) Se consumen en promedio aproximadamente 700 nauplios de *Artemia* para producir cada Pl. de *P. stylirostris*, que corresponden alrededor de 1.1 mg de quistes de *Artemia*. Una aproximación de la demanda de nauplios de *Artemia* para la producción de postlarvas de camarón para el estado de Sinaloa indica requerimientos de 295, 1 370 y 2 740 kg de quistes de *Artemia* con un 90 % de eclosión, para abastecer el 5, 25 y 50 % de la demanda total anual de semillas de camarón para 1994.

9 BIBLIOGRAFIA

- ABREU, F.A., 1987(a). Dimensiones de la demanda futura de *Artemia* en México. Segundo Congreso Asoc. Mex. Acuicul. AMAC'87, La Paz, B.C.S., noviembre 24-28 de 1987. Mecanogr. 13 págs.
- ABREU, F.A., 1987(b). A review of the genetics of *Artemia*. In: (Sorgeloos, P., D.A. Bengtson, W. Declair y E. Jespers; Eds.). *Artemia Research and its applications. Vol. 1. Morphology, genetics, strain characterization, toxicology*. Universa Press, Wetteren, Belgica. 61-99 pp.
- ALFONSO, E., S. Leal y B. Guitart, 1985. Ensayos sobre alimentación de protozoos de *Penaeus notialis* en el laboratorio. *Revista de Investigaciones Mar.*, 6 (1): 79-86 pp.
- ALMADA, R.E., 1983. Morfología de las larva nauplio y protozoa del camarón azul *Penaeus stylirostris* Stimpson obtenidas en laboratorio. Tesis profesional, U.A.G., México. 68 págs.
- ANGELL, C., 1977. El cultivo de las larvas de los camarones *Penaeus brasiliensis* y *P. duorarum*. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales; 231-248 pp.
- ANGER, K. A. Dietrich, 1984. Feeding rates and gross growth efficiencies en *Hyas araneus* L. larvae (Decapoda: Majidae) reared in the laboratory. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 77: 169-181 pp.
- ANONIMO, 1986. Shrimp farming in Ecuador. *Aquaculture Digest*, Nov. de 1986. 25-31 pp.
- ANONIMO, 1987. Programa Nacional de Cultivo de Camarón. *Dir. Gral. de Acuicultura*, Secretaría de Pesca, México. 104 págs.
- AQUACOP, 1977. Observations on the maturation and the reproduction of the penaeid shrimp in captivity in a tropical medium. *Aquaculture Workshop*, S.C.E.S. Bewar, France: 1-26 pp.
- AQUACOP, 1983. Penaeid larval rearing in the Centre Océanologique du Pacifique. In: (J.P. McVey and J.R. Moore; Eds.). *CRC Handbook of Mariculture*, vol. 1: Crustacean Aquaculture. CRC Press, Boca Raton, Fla. 123-128 pp.
- ARTEMIA SYSTEMS, 1987. User's guide. *Artemia Systems*, Gante, Belgica. 27 págs.
- BARIGOZZI, C., 1974. *Artemia*: A survey of its significance in genetics problems. In: (Dobzhansky, T., M.K. Hecht y W.C. Steere; Eds.). *Evolutionary biology*. vol. 7. 221-252 pp.
- BARRENA, B., 1987. La camaronicultura, práctica reciente en México. *Acuavisión-Fondepesca*, 2(8): 27-30 pp.
- BOVEN, S.T. y G. Sterling, 1978. Esterase and malate dehidrogenase isozyme polymorphisms in 15 *Artemia* populations. *Comp. Biochem. Physiol.*, 61 (8): 593-595 pp.

- BOVEN, S.T., J.P. Durkin, G. Sterling y L.S. Clark, 1978. *Artemia* hemoglobins; genetic variation in parthenogenetic and zigogenetic populations. *Biol. Bull.*, 155: 273-287.
- BOWMAN, T.E. y L.G. Abele, 1982. Classification of the recent crustacea. In: (Bliss, D.E.; Ed.). *The biology of crustacea: volume 1; Systematics, the fossil record and biogeography*. Academic Press, New York: 1-28 pp.
- BRUWE, D.E. y T.H. Anderson, 1984. The application of process kinetics for predicting optimum performance of continuous brine shrimp cultures. *J. World Maricul. Soc.*, 15: 108-119 pp.
- BURKENROAD, M.D., 1934. Littoral penaeidae chiefly from the Bingham Oceanographic Collection. *Bulletin Bingham Oceanogr. Coll.* 4(7): 1-109 pp.
- CABRERA, J.A. y J.L. García, 1983. Estado de la acuicultura en México al término de 1982. In: Bardach, J.E. et al. *Acuicultura*. AGT Editor. México. 719-741 pp.
- CAHU, C., 1987. Besoins nutritionnels des larves de crevettes péneides: Techniques actuelles de production en écloserie. *Océanis*, 13 (2): 167-216 pp.
- CASTRO, T. y C. Gallardo, 1985. *Artemia* sp. en investigación y docencia. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, U.A.M. Cuadernos CBS 2. UAM-Yochimilco. 43 págs.
- CHAPA, S.H., 1981. Biología y cultivo de camarón. *Instituto Nacional de la Pesca*. Informe técnico. 73 págs.
- CHAMBERLAIN, G.W. y A.L. Lawrence, 1981. Maturation and reproduction and growth of *Penaeus vannamei* and *Penaeus stylirostris* fed natural diets. *J. World Maricul. Soc.* 12: 209-224 pp.
- CHU, K.H. y C.K. Sing, 1986. Feeding behavior of the shrimp, *Metapenaeus ensis*, on *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, 58: 175-184 pp.
- CICTUS, 1984. El cultivo del camarón azul *Penaeus stylirostris* Stimpson. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. 126 págs.
- COOK, H. y A. Murphy, 1966. Rearing penaeid shrimp from eggs to postlarvae. *Proc. Seast. Ass. Game Fish. Commis.* 19: 283-288 pp.
- COMOVER, R.J., 1964. Food relations and nutrition of zooplankton. In: *Symp. Exp. Mar. Ecol. University Rhode Island*, 2: 81-94 pp.
- CORNER, E.D.S., C.B. Cowey y S.M. Marshall, 1967. On the nutrition of zooplankton. V. Feeding efficiency of *Calanus finmarchicus*. *J. Mar. Bio. Assoc.*, 47: 259-270.
- CROGHAN, P.C., 1958. The osmotic and ionic regulation of *Artemia salina* (L.). *J. Exp. Biol.*, 53(1): 219-233 pp.

- DE LA CRUZ, S. y S. Ortega, 1989. La selección del tamaño de las partículas alimenticias por las larvas del camarón blanco *Penaeus schmittii*. *Revista de Investigaciones Marinas*, 10(2): 163-174 pp.
- DIETRICH Y UHLING (en prensa). Stage-specific classification of copepods with automatic image. *Crustaceana*, suppl. 7. 28 págs.
- ENDERSON, W.D., 1980. Ingestion, growth and development of *Penaeus indicus* larvae as a function of *Thalassiosira weissflogii* cell concentration. *Mar. Biol.*, 58: 65-73 pp.
- ENDERSON, W.D., 1984. Predation and energetics of *Penaeus indicus* (Decapoda:Penaeidae) larvae feeding on *Brachionus plicatilis* and *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, 38: 201-209 pp.
- EWALD, J.J., 1965. The laboratory rearing of pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. *Bull. Mar. Sci.* 15(2):436-449 pp.
- FLORES, L.M., M.T. Aguilar, O. Cirerol, M.C. Aramburo y R. Cabanillas, 1986. Crecimiento, distribución y abundancia de camarón del género *Penaeus* y su relación con temperatura y salinidad en la laguna del Caimanero, Sinaloa, México. *Memoria del Servicio Social, Esc. Cienc. Mar, U.A.S.* 82 págs.
- GANAPATHY, R., 1985. A model design for a shrimp hatchery. *Seafood export J*, (17)7:9-17 pp.
- GARMENDIA, E.E., R. López, G. Ochoa, A. Pares y H. Ramirez, 1987. Informe técnico de la comisión realizada a la República del Ecuador para conocer en avance en materia de camaronicultura. *Dirección General de Acuicultura, Secretaría de Pesca, México.* 30 págs.
- GILCHRIST, B., 1954. Haemoglobin in *Artemia salina*. *Proc. Roy. Soc. Ser. B* 43: 136-146 pp.
- GOPALAKRISHNAN, K., 1976. Larval rearing of red shrimp, *Penaeus marginatus* (Crustacea). *Aquaculture*, 9: 145-154 pp.
- GULLAND, J.A., 1971. *Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces.* Ed. Acribia-FAO España. 164 págs.
- GUZMAN, M.A., 1987. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871), en lagunas costeras del estado de Guerrero, México. *Tests doctoral. CCH-Inst. Cienc. Mar y Limnol., UNAM.* 135 págs.
- HIRATA, H., M. Anastasio, S. Yamasaki, 1985. Evaluation of the use of *Brachionus plicatilis* and *Artemia* for rearing prawn *Penaeus japonicus* larvae on a laboratory scale. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, 34(1): 26-36 pp.
- HIROMO, Y., 1987. Shrimp pond management. *Camara de Productores de Camarón, Guayaquil, Ecuador. Acuicultura del Ecuador*, no. 3: 29-33 pp.

- HOLTHUIS, B.L., 1980. FAO SPECIES catalogue. Shrimps and prawns of the world and related catalogue of species of interest of fisheries. FAO Fish. Synopsis. (1)125:1-271 pp.
- HUANG, T.L., 1983. Conferencia sobre la tecnología del cultivo y producción de semilla de camarón. Comisión Técnica de Acuicultura de la República de China en la República del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. 1-23 pp.
- HUDIWAGA, M., 1942. Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* (Bate). *Jpn. J. Zool.*, 10: 305-393 pp.
- JOHNS, D.M., 1982. Physiological studies on *Cancer irroratus* larvae. III. Effects of temperature and salinity on the partitioning of energy resources during development. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 8: 75-85 pp.
- KENTOURI, M., 1981. Données préliminaires sur les facultés d'adaptation à un aliment inert (zooplancton congelé) des post-larves de 11 espèces de poissons et crustacés marins. *Aquaculture* 23 (1-4):73-82 pp.
- KITAWI, H., 1986(a). Larval development of the blue shrimp *Penaeus stylirostris* Stimpson reared in the laboratory. *Bull. of Japan. Soc. of Scien. Fish.* 52(7): 1121-1130 pp.
- KITAWI, H., 1986(b). Larval development of the white shrimp *Penaeus vannamei* Boone reared in the laboratory and the statistical observation of its naupliar stages. *Bull. of Japan. Soc. of Scien. Fish.* 52(7): 1131-1139 pp.
- KURMALY, K., A.B. Yule y D.A. Jones, 1989. An energy budget for the larvae of *Penaeus monodon* (Fabricius). *Aquaculture*, 81: 13-25 pp.
- LAI, L. y P. Lavens, 1987. Workshop report: *Artemia* as a business perspective. In: (Sorgeloos, P., D.A. Bengtson, W. Declerck y E. Jespers, Eds.). *Artemia Research and its applications. Ecology, culturing, use in aquaculture*, 3. Universa Press, Wetteren, Belgica: 517-520 pp.
- LESTER, L.J., 1988. Differences in larval growth among families of *Penaeus stylirostris* Stimpson and *P. vannamei* Boone. *Aquacul. and Fish. Manag.*, 19: 243-251 pp.
- LIAO, I.C., H.M. Su y J.H. Lin, 1983. Larval food for penaeids prawns. En: J.P. McVey and J.R. Moore (Eds.). *CRC Handbook of Mariculture*, vol. 1: Crustacean Aquaculture. CRC Press Inc., Boca Raton, Fla. 43-69 pp.
- LIAO, I.C., 1985. A brief review of the larval rearing techniques of penaeid prawns. In: (Primavera, J., Ed.) Proceedings of the First International Conference of the Culture of penaeid prawns/shrimps. Iloilo City, Philippines, 4-7 December, 1984: 67-78 pp.
- LOFFLER, H., 1964. Vogelzug und crustaceenverbreitung. *Zool. Anz.*, 27: 311-316 pp.
- LOPEZ, B.E., 1987. Laboratorio de producción de postlarvas de camarón azul *Penaeus stylirostris* Stimpson. Proyecto CGIP-UAS, inédito. 38 págs.

- LOVEGROVE, T., 1962. The effects of various factors on dry weight values. *Rapp. P.V. Reun. Cons. Perm. Int. Explo. Mer.* 153: 86-91 pp.
- LOYA, G.M., 1989. Ingestion saturation and growth responses of *Penaeus monodon* larvae to food density. *Aquaculture*, 81: 329-336 pp.
- MANZI, J.J., M.B. Madox y P.A. Sandifer, 1977. Algal supplement enhancement of *Macrobrachium rosenbergii* (de Mann) larviculture. *Proc. World Maricult. Soc.*, 8: 201-319 pp.
- MANZI, J.J. y M.B. Madox, 1980. Requirements for *Artemia nauplii* in *Macrobrachium rosenbergii* (de Mann) larviculture. In: (Sorgeloos, P., D.A. Bengtson, W. Declair y E. Jespers. Eds.). *Artemia Research and its applications. Vol. III. Ecology, culturing, use in aquaculture.* Universa Press, Wetteren, Belgica. 313-321 pp.
- MAIR, J.M., 1979. The identification of postlarvae of four species of *Penaeus* (Crustacea-Decapoda) from the Pacific coast of Mexico. *J. Zool. Lond.*, 188: 347-351 pp.
- MALECHA, S., 1983. Commercial seed production of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in Hawaii. In: (J.P. McVey and J.R. Moore. Eds.). *CRC Handbook of Mariculture*, vol. 1: Crustacean Aquaculture. CRC Press Inc., Boca Raton, Fla. 205-230 pp.
- MATSUNAGA, N. y A. Kasuga, 1987. Manual de prácticas: Introducción al conocimiento del medio acuático. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar, Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, S.E.P.-J.I.C.A. Serie de Educación Pesquera Elemental, n.º 1: 65 págs.
- McVEY, I.P. y J.M. Fox, 1983. Hatchery techniques for penaeid shrimp utilized by Texas A. & M. NWFS Galveston Laboratory Program. En: J.P. McVey and J.R. Moore (Eds.). *CRC Handbook of Mariculture*, vol. 1: Crustacean Aquaculture. CRC Press Inc., Boca Raton, Fla. 129-154 pp.
- MENZ, A., 1976. Bionomics of penaeid shrimp in a lagoon complex on the Mexican Pacific coast. Tesis doctoral, University of Liverpool, U.K. 145 págs.
- MOCHIZUKI, H., 1978. Present prawn culture in the Philippines. *The Philippines Journal of Fisheries*. 16(1): 33-125 pp.
- MOCK, C.R. y M.A. Murphy, 1970. Techniques for raising shrimp from the egg to postlarvae. Galveston Bureau of Commercial Fisheries, Biological Laboratory, Cont. 307: 143-147 pp.
- MOCK, C.R. y R.A. Neal, 1974. Penaeid shrimp hatchery systems FAO/Carpas. Symposium on Aquaculture in L.A., Montevideo, Uruguay, 26 Nov.-2 Dic. 92 págs.
- MOCK, C.R., D.B. Revera y C.T. Fontaine, 1980. Larval culture on *Penaeus stylirostris* usings modifications of the Galveston Laboratory technique. *Proc. World. Maricult. Soc.* 11: 102-117 pp.

- NULHIA, A., C. Ernesto, B.K. Croig y B.C. Bedford, 1975. Relaciones biométricas para tres especies de camarón. *Inst. Nal. de Pesca INP/S.C.* 71 págs.
- NEAL, R.A., 1970. Experimentación en cultivo de camarón. *FAO/FIR; FRMLA/70.* Lec. 9, tema 3: 23-31 págs.
- NUÑEZ, P.A., 1988. Crecimiento del camarón *Penaeus vannamei*, *Penaeus stylirostris* y *Penaeus californiensis* y su relación con algunos factores ambientales (temperatura y salinidad) en las lagunas de Huizache y Calmanero, Sinaloa, México. Tesis maestría. CCH-Inst. Cienc. Mar y Limnol., UNAM. 145 págs.
- ORBE, A.M. y A. Arias, 1984. Métodos del cultivo de camarón en México. *Secretaría de Pesca, México.* 27 págs.
- ORTEGA, S.A. y A. Nuñez, 1977. Migración de postlarvas de camarón *Penaeus spp.* entre Mazatlán, Sin. y San Blas, Nay., México. *Nem. V Congreso Nal. Oceanografía.* Guaymas, Son. Octubre 1974. 52-67 pp.
- OMORI, A. y T. Ikeda, 1984. *Methods in marine zooplankton ecology.* John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 332 págs.
- PAPFENHOFER, G.A., 1971. Grazing and ingestion rates of nauplii, copepodids and adults of the marine planktonic copepod *Calanus helgolandicus*. *Mar. Biol.* 11: 286-298 pp.
- PASSANO, L.L., 1960. Molting and its control. In: (Waterman, T.H. Ed.). *The Physiology of Crustacea.* Vol. 1; metabolism and growth. Academic Press Inc., London. 473-527 pp.
- PEREZ-FARFANTE I., 1970. Claves ilustradas para la identificación de los camarones marinos comerciales de América Latina. *Inst. Nal. Invest. Biol-Pesq., México. Serie Divulgación, Instructivo (3):* 50 págs.
- PLATON, R.R., 1978. Desing operation for larval rearing of sugpo, *Penaeus monodon* Fab. *Aquacul. Dept. SEAFDEC. Philippines. Aquacul. Ext. Manual,* no. 1: 1-30 pp.
- PRIMAVERA, J.H., 1978. Induced maturation and spawning in five month-old *Penaeus monodon* Fabricius by eyestalk ablation. *Aquaculture* 13: 355-359 pp.
- PRIMAVERA, J.H., 1985. A review of maturation and reproduction in closed telicume penaeids. In: (Primavera, J. Ed.) *Proceedings of the First International Conference on the Culture of Penaeids Prawns/Shrimps.* Iloilo City, Philippines, 4-7 Dic./1984. 47-68 pp.
- RAMOS, J.E. y L.R. Martinez, 1984. Culture of the blue shrimp, *Penaeus stylirostris* in Sonora, México. En: *Abstracts of the First International Conference on the Culture of Penaeids Prawns/Shrimps.* Iloilo City, Philippines, 4-7 Dic./1984. Pág. 165.

- RODRIGUEZ DE LA CRUZ, M.C., 1976. Sinopsis biológica de las especies del género *Penaeus* del Pacífico mexicano. *Mem. Simp. Biol. Dín. Pobl. de Camarones. Guaymas, Son.*, 8-13 Agosto de 1976. 282-315 pp.
- RODRIGUEZ DE LA CRUZ, M.C., 1981. Estado actual de la pesquería de camarón en el Pacífico mexicano. *Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca, Depto. Pesca, México* 1(1): 53-61 pp.
- RICKER, V.E., 1971 (Ed.). Methods of assessment of fish populations in freshwaters. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburg. *International Biological Programme Handbook*, no. 3: 348 págs.
- RICKER, V.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Dep. of Environm. Fish and Mar. Serv., Ottawa, Canada.* 382 págs.
- ROLLEPSEN, G., 1939. Artificial rearing of fry of seawater fish: Preliminary communication. *Rapp. Proc. Verb. Reun. Cons. per. Explor. Mer* 109: 133 págs.
- SAMOCHA, T.M., N. Uziel y C.L. Browdy, 1989. The effect of feeding two prey organisms, nauplii of *Artemia* and rotifers, *Brachionus plicatilis* (Muller), upon survival and growth of larval marine shrimp, *Penaeus semisilcatus* (de Hann). *Aquaculture*, 79: 11-19 pp.
- SEAFDEC, 1983. Annual Report 1982. Aquaculture Dept. Southeast Asian Fisheries Development Center, Philippines. 69 págs.
- SEALB, A., 1933. Brine shrimp (Art.) as a satisfactory live food for fishes. *Trans. am. Fish. Soc.* 63: 129-130 pp.
- SHIGUEHO, K., 1975. Shrimp culture in Japan. *Ass. Int. Tech. Promotion, Tokio, Japan.* 153 págs.
- SIMON, C.M., 1978. The culture of the diatom *Chaetoceros gracilis* and its use as food for penaeid-protozoal larvae. *Aquaculture*, 14(2): 105-113 pp.
- SOKAL, R.R. y F.J. Rohlf, 1981. *Biometry; the principles and practice of statistic in biological research*. Second edition, W.H. Freeman and Company, San Francisco, U.S.A. 859 págs.
- SORGELOOS, P., 1979. The brine shrimp, *Artemia salina*: A bottleneck in mariculture. In: (Pillay, T.V.R. y Wm. A. Dill. Eds.). *FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, 1976.* Fishing News Books Ltd., Farnham, England. 321-324 pp.
- SORGELOOS, P., 1980. The use of the brine shrimp *Artemia* in aquaculture. In: (Persoone, G., P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers. Eds.). *The brine Artemia*, vol. 3: Ecology, culturing and use in aquaculture. Universal Press, Wetteren, Belgium. 25-46 pp.
- SORGELOOS, P., P. Lavens, P. Leger, S. Tackaert y D. Versichele, 1986. Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. *FAO/State University of Ghent, Bélgica.* 319 págs.

- STEPHENSON, M.J. y A.W. knight, 1980. The effect of temperature and salinity on oxygen consumption of post-larvae of *Macrobrachium rosenbergii* (de Mann) (Crustacea:Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol.*, 67A: 699-715 pp.
- VILLEGAS, C.T. y A. Kanazawa, 1979. Relationship between diet composition and growth of the zoeal and mysis stages of *Penaeus japonicus* Bate. *Fisheries Research Journal of the Philippines*, 6(2): 32-40 pp.
- WATERMAN, T.H. y P.A. Chace, 1960. General crustacean biology. In: (Waterman, T.H. Ed.). *The biology of crustacea: volume 1; Metabolims and growth: 1-34 pp.*
- WINKELFELD, J.S., J.M. Fox y A.L. Lawrence, 1981. Consumption of frozen and live *Artemia* by protozoa of *Penaeus setiferus*. *Texas Agricultural Experiment Station, Texas A. & M. University System. Informe técnico: 17 págs.*
- WINKELFELD, J.S., A.L. Lawrence y F.D. Kuban, 1984. Survival, metamorphosis and growth of penaeid shrimp larvae reared on a variety of algal and animal foods. *J. World Maricul. Soc.*, 15: 31-49 pp.
- YUFERA, M., A. Rodriguez y L.M. Lubian, 1984. Zooplankton ingestion and feeding behavior of *Penaeus kerathurus* larvae reared in the laboratory. *Aquaculture*, 42: 217-224 pp.
- YUFERA, M. y A. Rodriguez, 1985. Effect of prey density on feeding rates during larval rearing of *Palaemon serratus* Pennant (Crustacea:Palaemonidae). *Aquaculture*, 42: 217-224 pp.
- ZAR, J.H., 1974. *Biostatistical analysis. Biological Sciences Series*, Prentice Hall, Inc. New York, U.S.A. 620 págs.