Informe final* del Proyecto M012
Acuacultura integral de camarón y artemia: un modelo sostenible para la costa del estado de Campeche

Responsable:	Dr. Carlos Rosas Vázquez
Institución:	Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Departamento de Biología Laboratorio de Ecofisiología
Dirección:	Circuito Exterior Ciudad Universitaria, Copilco Universidad, Coyoacán, México, DF, 04510 , México
Correo electrónico:	crv@hp.fciencias.unam.mx
Teléfono/Fax:	622 4828

Fecha de inicio:	Septiembre 15, 1997
Fecha de término:	Mayo 25, 2000
Principales resultados:	Informe final, Hoja de cálculo
Forma de citar el informe final y otros resultados:**	Rosas Vázquez, C., 2000. Acuacultura integral de camarón y artemia: un modelo sostenible para la costa del estado de Campeche. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. M012**. México D. F.
Forma de citar hoja de cálculo	Rosas Vázquez, C., 2000. Acuacultura integral de camarón y artemia: un modelo sostenible para la costa del estado de Campeche. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. M012**. México D. F.

Resumen:

Proyecto financiado parcialmente con resursos de la Fundación MacArthur Este proyecto se llevará a cabo con la participación de dos investigadoras de la Universidad Autónoma de Campeche, especialistas en el cultivo de artemia, así mismo se contará con el apoyo del Instituto Nacional de la Pesca a través del Centro Regional de Investigaciones pesqueras de Lerma-Campeche en donde se llevará a cabo los ensayos con artemia a nivel de laboratorio. Se realizarán experimentos con el fin de desarrollar un sistema integral de producción intensiva de camarón-artemia. El proyecto ha sido dividido en dos grande fases: a) laboratorio y b) campo. En la fase de laboratorio se estudiarán las condiciones más adecuadas para la producción de biomasa de artemia evaluando las variables de densidad de siembra, recambio de agua, iluminación y tipo de alimento, tomando como criterio la calidad alimenticia de la artemia producida. Entre estas se encuentra el recambio del agua, la iluminación y el tipo de alimento. También se establecerán las combinaciones alimento-densidad-ración-intercambio de agua óptimos para la obtención masiva de camarones menores de 2 g. en el menor tiempo posible. Como resultado de esta fase se espera contar con los elementos necesarios que permitan, por un lado, establecer un sistema piloto de producción de artemia de alta calidad y por el otro, la de cultivar a los camarones de estanques piloto demostrativos de alto rendimiento. En la fase II se instrumentará un bioensayo en el que se llevará el potencial de uso de artemia con biofiltro para los estanques de producción de camarón.

- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx

- ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

Participantes

Facultad de Ciencias *de la UNAM*

Carlos Rosas. Fabian Contreras Arizaga, Gabriela Palomino Albarrán, Cristina Pascual Jiménez, Manuel Valenzuela Jiménez y Francisco Salazar Valerio.

Universidad Autónoma de Campeche

Acuacultura integral de camarón y Arlemia: un modelo sostenible para la costa del Estado de Campeche

Teresita del Niño Jesús Maldonado Montiel, Leticia Rodriguez Canché

Grupo de Biología Marina Experimental, Facultad de Ciencias UN AM, Calle 26, No. Playa Norte Cd. del Carmen, Camp. Tel y Fax. (938) 28730

Dirección general de Investigación y Posgrado. Torre de Rectoría, Universidad Autónoma de Campeche. Ave. Agustín Melgar sin Campeche, Camp.

Octubre de 1999

Introducción

La zona costera del Estado de Campeche esta caracterizada por ser somera y presentar extensas praderas de pastos marinos. Su riqueza natural permite que sean utilizadas como zonas de crianza de muchas especies de crustáceos y peces, tanto de importancia económica como de importancia ecológica. Los pobladores de la zona costera comprendida entre la Cd. de Campeche y el estero de Sabancuy, Camp. han utilizado tradicionalmente estas praderas para la extracción de diversas especies entre las que destacan los juveniles de diversas especies de sardina de la familia Clupeidae, el cangrejo moro *Menippe mercenaria, el pulpo Octopus maya y* los juveniles tempranos (menores de 5 g) de los camarones *Litopenaeus setiferus y L, duorarum.* Hasta hace pocos años las normas de explotación establecidas por las autoridades de pesca hablan mantenido las cuotas de pesca estables, manteniendo también estable la producción y por ende a las distintas especies explotadas. Sin embargo en años recientes se ha observado un aumento del número de pescadores ribereños que ejercen una mayor presión social sobre la producción pesquera, la cual no solamente se ha reducido considerablemente sino también se ha especulado puede afectar a la pesca de mediana altura, a la biodiversidad y por tanto a la estructura de los ecosistemas costeros de la región . La pérdida de fuentes de trabajo después de la desaparición masiva de los sembradios de coco producidos por la enfermedad conocida como "amarillamiento letal", así como el hecho de que este tipo de pesca implica poca inversión , han sido de las principales razones para el aumento de la presión social sobre esta zona. Cabe hacer notar que los campesinos mayas de la región únicamente requieren de costales de azúcar con los cuales construyen pequeñas redes las cuales son arrastradas por ellos mismos sobre las praderas de pastos sumergidos.

Una forma de mitigar las presiones sociales sobre el ecosistema costero es ofreciendo alternativas productivas viables y ecológicamente sanas, que permitan ofrecer empleo y recursos económicos a los pescadores ribereños sin causar daños a los ecosistemas adyacentes. En este contexto el cultivo de las especies marinas comúnmente explotadas por las comunidades ribereñas podría ser una alternativa para disminuir la presión de pesca que ejercen éstas sobre las especies costeras que habitan las praderas de vegetación sumergida. Para estas comunidades el cultivo de camarón puede ser el más atractivo pues este mantiene un alto precio en el mercado nacional y tiene un alto grado de consumo local. Además existe tradición en el manejo y comercialización, lo cual garantiza el éxito comercial del sistema productivo. El cultivo de camarón y utilizando biomasa de *Artemia* como fuente de alimento podría ser una alternativa real para las comunidades ribereñas de pescadores del Estado de Campeche.

La necesidad de alimento vivo en la actividad acuícola es evidente por el aporte nutricional y las características de éste, que no han podido ser igualadas con alimentos *inertes.* Evaluar el cultivo de *Artemia* spp. en sus diferentes formas de producción es una necesidad, ya que es un organismo que tiene una serie de características que lo hacen insustituible, además que su demanda actual excede la oferta. Los costos de producción del crustáceo en forma intensiva son elevados, sin embargo altos rendimientos se garantizan al controlar una serie de variables que en ambientes naturales salen de nuestro alcance.

Para que el cultivo de camarón sea atractivo es necesario que la tecnología que se aplique sea sencilla, económica y compatible con el medio. En este contexto la producción masiva de primeros juveniles de camarón (menores de 5 g) en poco tiempo, con sistemas de cultivo costeros sin una gran inversión y con alimentos diseñados y fabricados para la especie podría ser atractivo, Sin embargo la producción masiva de camarón ha presentado algunos problemas, ya que la actividad camaronicola involucra fuertes descargas de afluentes de las unidades de producción que representan una fuente potencial de contaminación al entorno si estas no son tratadas antes de vertirse al exterior. Entre estos se incluyen los efectos que se causan sobre la biota estuarina de la que se toma el agua y la hipernitrificación de los estuarios donde se vierte el agua de recambio, entre otros. En años recientes se ha reportado la disminución del crecimiento y el aumento de la mortalidad en estanques de cultivo de camarón en áreas costeras del país donde existe un gran número de granjas dedicadas a su cultivo. El deterioro de la calidad del agua en ¡os estuarios adyacentes a estas granjas ha sido considerado uno de los factores involucrados en el aumento de la sensibilidad de los camarones a la presencia de patógenos y contaminantes, entre otros. Así, las técnicas de producción que requieran de poco o ningún intercambio de agua y que utilicen alimentos balanceados amigables con el medio son necesarias para proteger el ambiente marino y estuarino adyacente a los sistemas de cultivo permitiendo la verdadera expansión *y* asegurando la viabilidad de largo plazo de la camaronicultura.

En un sistema intensivo las entradas al sistema incluyen alimento, agua, oxígeno y las salidas son materia fecal, desechos metabolicos, alimento no consumido y agua. Hay muchos factores que influyen en la calidad de los efluentes, incluyendo especies, talla, método de cultivo (semiintensivo o intensivo), manejo, temperatura, modo de descarga y la magnitud del tratamiento o dilusión previo a la descarga, aunque se señalan como los más importantes al sistema y su manejo. Sin embargo hay pocos trabajos de caracterización de desechos de sistemas específicos .

El uso de organismos filtradores tales como los moluscos (ostiones y mejillones) y macroalgas en el tratamiento de efluentes (partículas alimenticias no consumidas, materia fecal y otros sólidos suspendidos) en el cultivo de camarón han probado su eficiencia. Sin embargo no se ha evaluado la utilización de *Artemia,* aunque se señala que en los tanques de camarón se producen "alimentos" para el crecimiento de *Artemia.* Sin embargo el número o densidad de organismos filtradores requeridos para remover dichos efluentes, puede solo ser determinado por la experimentación.

o

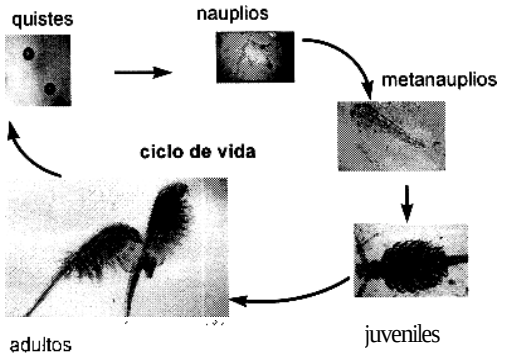


Fig. 1. Ciclo de vida de Artemia

La Artemia ha sido ampliamente utilizada en la acuacultura y ha sido considerada, además de un alimento de gran valor, un filtro biológico importante. Uno de los valores más importantes es que *Artemia* es filtrador durante todo su ciclo de vida (Fig. 1). Así, tanto por su calidad nutricional como por la posibilidad de reducir la contaminación originada por el alimento balanceado, la biomasa de *Artemia* se considera como una buena alternativa para la producción masiva de camarón en esta región. La combinación entre los niveles de alimento mínimos necesarios para obtener el mayor crecimiento del camarón utilizando dietas amigables con el medio, junto con el uso de biomasa *de Artemia viva e* intercambios de agua que permitan obtener el máximo crecimiento de la especie, hará que los sistemas masivos de producción sean compatibles con el medio, pues serán reducidos a su mínima expresión los posibles impactos del alimento y del intercambio de agua en la zona costera adyacente.

Durante los últimos cinco años los miembros del Grupo de Biología Marina Experimental de la Facultad de Ciencias de la UNAM han estado trabajando con el fin de establecer las condiciones más adecuadas para el cultivo del camarón blanco del Golfo de *México Látopenaeus setiferus.* Las investigaciones se han enfocado principalmente a la producción masiva de postlarvas en ambientes controlados y a establecer algunos de los parámetros ambientales y las condiciones nutricionales óptimos para la *especie.* Además de haber establecido algunos de los requerimientos nutricionales también se ha determinado el nivel de oxigeno necesario para la obtención del máximo crecimiento en condiciones de cultivo, Experimentos que se realizarán próximamente nos permitirán contar con un modelo de producción para el cultivo masivo de esta especie en unidades piloto-demostrativas el cual será de gran utilidad como información base para la implementación del cultivo de juveniles tempranos (menores de 5 g) de esta especie. Por otro lado se contará con las bases técnicas para producir en forma intensiva el alimento base *(Anemia)* para el óptimo

desarrollo del camarón bajo estas condiciones de producción, así como el conocer la factibilidad de uso *de la Artemia* como biofiltro *en* la actividad camaronícola.

Antecedentes

El camarón blanco del Golfo de México *Litopenaeus setiferus es una* de las especies de camarones importantes del Atlántico de América. Esta especie se distribuye desde el sur de Nueva York hasta la Península de Yucatán, en la plataforma Continental adyacente a la Laguna de Términos, Campeche.

Desde el punto de vista biológico pesquero es una de las especies mejor estudiadas debido principalmente a la importancia económica de las capturas comerciales. Así mismo, numerosas investigaciones han sido dedicadas a los aspectos ecológicos de las postlarvas y los juveniles de esta y otras especies que, como *Farfantepenaeus. aztecus*, comparte las lagunas costeras y los estuarios del Golfo de México (Misamore and Browdy, 1996)Gracias a estos estudios se conocen muchos aspectos de la biología de la especie tales como las características morfológicas de los reproductores las épocas de desove, el tipo de fecundación, las características de las larvas, los hábitos y el hábitat de las postlarvas, de los juveniles y los adultos, las migraciones de algunas de las poblaciones, y los efectos de algunas enfermedades y parásitos . En años recientes se ha puesto especial énfasis en el estudio de las condiciones asociadas con el reclutamiento de las postlarvas a las zonas de crianza y en los efectos de los factores ambientales que determinan la distribución de los camarones durante diferentes etapas de su ciclo de vida ((Alcaraz, et al., 1999, Rosas, 1999)

Esta información y la experiencia generada por la industria del cultivo de camarón a nivel mundial permite ver a L. *setiferus como* una especie potencial para el desarrollo de esta actividad en el Golfo de México. Estudios recientes han demostrado que postlarvas de *L. setiferus* crecen adecuadamente en sistemas de cultivo intensivo produciendo rendimientos de entre 5 y 6 Ton/Ha/cosecha (Sandifer, 1993). Aunque estos cultivos han llamado la atención con respecto al potencial acuícola de la especie existen numerosas interrogantes referentes a las distintas etapas del sistema de producción, incluyendo la reproducción controlada, la cría de larvas que permita obtener postlarvas de alta calidad, los requerimientos nutricionales de postlarvas y juveniles, los parámetros ambientales más adecuados para el cultivo, las densidades de siembra etc., que hagan al cultivo de esta especie un sistema de producción rentable y confiable (Sandifer, 1993).

Como producto de un esfuerzo de varias instituciones, desde 1990 y hasta la fecha, nuestro grupo de trabajo ha estado realizando una serie de investigaciones tendientes a resolver algunas de las interrogantes que existen sobre el cultivo de L, *setiferus* tomando en consideración los aspectos de la reproducción, cría de larvas, y cultivo de postlarvas y juveniles. Durante esta etapa se ha puesto especial énfasis a los estudios de fisiología y nutrición, parte de los cuales han sido publicados en revistas de circulación internacional (Gallardo, 1995. , Martinez, 1998 , Rosas, 1993, Rosas, 1995, Rosas, 1996, Rosas, 1998, Rosas, 1998, Rosas, 1999, Rosas, et al., 1999, Rosas, et al., 1997, Rosas, et al., 1995, Rosas C., 1995).

Anemia franciscana o comúnmente conocida como Artemia ha sido ampliamente utilizada como alimento en la acuacultura. Desde que Seale (1933) y Rollefsen describieron el alto valor de los nauplios recién eclosionados de *Artemia* como alimento para los primeros estadios juveniles de diversas especies de crustáceos y peces, el uso de *Artemia* se ha generalizado. Una gran ventaja de *Artemia* es que los huevos son estructuras de resistencia los cuales pueden soportar mucho tiempo en latencia permitiendo de esa forma el que sean almacenados. Tomando en cuenta el alto valor alimenticio y las facilidades para su manejo, el uso de *Anemia* en estos días ha crecido exponencialmente. Actualmente *Anemia* se utiliza para alimentar las formas juveniles de crustáceos y peces así como juveniles avanzados y adultos. Al mismo tiempo se ha utilizado como biocápsula, tanto para agregar medicamentos como para agregar nutrientes complementarios a la dieta (Sorgeloos et al., 1980, (Barclay, 1996)).

En años recientes se ha demostrado que el uso de inadecuados métodos de cultivo de camarón han dañado los estuarios y las zona costera donde se ha desarrollado la industria. Este deterioro ha sido

principalmente causado tanto por la intensificación de los cultivos (incremento de los niveles de producción por ha de estanquería) de camarón y el aumento del *área de* estanqueria dedicada al cultivo de camarón. En ambos casos la industria del camarón ha sido fuertemente presionada por las sociedades costeras quienes han visto desaparecer grandes extensiones de manglares, pantanos y esteros debido esta industria. Uno de los principales problemas asociados al cultivo de camarón ha sido la contaminación orgánica asociada con los afluentes de las granjas. Diversos investigadores han propuesto estrategias para minimizar la contaminación producida por los afluentes entre las cuales destacan la disminución del agua de recambio (Lawrence, 1996, Lawrence, *1998), el uso de* dietas con bajos contenidos de proteína y/o el uso de alimento vivo (Molina-Poveda, 1998), la optimización del perfil de aminoácidos de la dieta (Velasco, 1998), el mejoramiento de la calidad de la harina de pescado (Ricque-Marie, 1998)), una óptima estrategia de alimentación (Cortés-Jacinto E., 1998), y un mayor conocimiento de la fisiología nutricional y la bioquímica de los camarones cultivados (Ceccaldi, 1998).

Estudios recientes han demostrado que *Artemia* también puede ser utilizada como biofiltro, pues por su caracter filtrador, es capaz de eliminar materia orgánica suspendida de manera muy eficiente Sorgeloos, 1992). Por esta razón y tomando en cuenta la necesidad de reducir los efectos del cultivo intensivo de camarón sobre las zona costera y al mismo tiempo el proponer un sistema de cultivo que permita a pescadores ribereños contar con una alternativa productiva el presente estudio fue diseñado con el principal objetivo de establecer y evaluar un sistema integral y sostenible de cultivo intensivo de camarón*Artemia* spp, adecuado para la costa del Estado de Campeche.

Los objetivos particulares planteados fueron

a) Evaluarla factibilidad de cultivo de *Artemia* spp en forma intensiva a nivel piloto en el estado de Campeche.

b) Establecerlas condiciones más adecuadas para la producción masiva de juveniles tempranos del camarón blanco del Golfo de México *Penaeus setiferus* en sistemas compatibles con el medio.

c) Conocer el potencial del uso de la *Artemia spp. para* el tratamiento de efluentes de la actividad camaronícola.

Materiales y Métodos

Cultivo intensivo de *Artemia* spp.

En la tabla 1 se presenta las dos fases de esta etapa experimental y las diferentes variables que fueron evaluadas por triplicado y distribuidas aleatoriamente.

Tabla 1, Variables que fueron evaluadas en la esta a 1 del cultivo intensivo de Art*emia spp.*

	E T A P A 1											
VARIABLE	FASE I						FASE 11					
Densidad de *Artemia (ail)*	10						15					
Recambio de agua t%)	20		30		40		20		30		40	
Alimento	m	M-I-S	M	M+S	M	M+S	M	M+5	M	M+S	M	M+S
Iluminación	Si I No	Si I No	Si I	Si I No	Si I No	Si I No	Si 1	Si I No	Si I No	Si I No	Si I	, Si I No

Nota: M= microalga M+S= microalga y salvado de arroz

Para la producción de microalgas se utilizó fertilizante foliar Garden Fol-TH (15-30-15). La solución de salvado se obtuvo a partir de 300 g de salvado disueltos en y 1 1 de salmuera, (corn, pers. Castro, 1996). La cantidad de alimento se aplicó con base a la turbidez, manteniéndose en las unidades experimentales de 4.5 cm, Cabe señalar que únicamente se aplicó el salvado durante los primeros 4 días del experimento, para posteriormente alimentar hasta el final del ensayo con las microalgas.

Los parámetros fisicoquímicos en las unidades experimentales como temperatura, salinidad, oxígeno y pH se evaluaron diariamente. El amonio total se evaluó 3 veces durante el ensayo (al inicio, a los 8 días y al final del

ensayo). La evaluación de biomasa se realizó a los 17 días, extrayendo el total de biomasa y registrando el pesa (g) húmedo. La calidad nutricional de *Anemia* se evaluó a través de análisis proximales (Tabla 2), determinación de aminoácidos por cromatografia de líquidos y ácidos grasos por cromatografia de gases.

Tabla 2 Evaluaciones ue se realizaran a la *Artemia spp*

EVALUACIÓN	TÉCNICA
HUMEDAD	Secado de la muestra y determinación por diferencia de peso entre el material seco y el húmedo
PROTEÍNA	Kjeidahl por el Método de Chow *el al* (1980).
LÍPIDOS CRUDOS	Extracción con éter de petróleo por el método de Soxhlet
FIBRA CRUDA	Digestión con ácido *sulfúrico e hidróxido* de sodio y calcinación
CENIZA	Calcinación
EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO	Sustracción a 100 los porcientos calculados para cada evaluación anterior

Tomado de Olvera *el al.* (1993).

La determinación de las condiciones óptimas para el cultivo de *Anemia* se obtuvieron mediante la aplicación de un ANO VA de una vía. Los tres mejores tratamientos (Etapa II) se evaluaron por triplicado en unidades experimentales de mayor volumen (80 1). Los parámetros fisicoquímicos del agua y la calidad de *Anemia* durante estos ensayos, son los mismos que los de la etapa anterior.

Caracterización de los efluentes de los tanques de camarón y su uso para el *crecimiento* de *Anemia.* El impacto ambiental de los efluentes acuícolas ha cobrado día a día más importancia. En el caso particular de efluentes marinos, provenientes de estanques de cultivo intensivo de peces y crustáceos. cuando son descargados directamente en los sistemas marinos, provocan problemas de eutroficación. Existen métodos de manejo de estas descargas antes de ser vertidos al exterior, con el fin de mitigar este problema. En el presente trabajo se evaluó la eficiencia de *Artemia* en el tratamiento de afluentes camaronícolas.

Antes de llevar a cabo este experimento, *se* realizó un pequeño ensayo de prospección, el cual consistió en sembrar *Artemia* en las aguas *de desecho* de 8 tanques de camarón. La respuesta fue favorable con los tanques de camarón a los cuales se les estaba suministrando alimento con 25% y 40% de proteína; en los otros, con porcentajes intermedios, se observo una alta mortalidad.

De acuerdo con esto, el ensayo final tubo como objetivo el de evaluar el crecimiento de camarón durante 4 meses (abril-agosto) utilizando un alimento de marca comercial (Malta Clayton) con diferentes porcentajes de proteína (25%-40%) en tanques circulares con un área de 19.63 m^2 y un volumen aproximado de 15 m^3. La densidad inicial de camarón fue de 830 animales y se realizaba un recambio diario de agua equivalente al 10°/o/día del volumen total.

El crecimiento de *Arlemia* fue evaluado por 16 días, utilizando agua de desecho de dos tanques de camarón (alimentados con 25 y 40% de proteína, respectivamente). En ese momento los camarones presentaban de acuerdo a la evaluación de biomasa un *peso* promedio aproximado de 14.80 g y 12.14 g, respectivamente. En el momento de iniciar el ensayo *con Artemia,* el número promedio de camarones para ambos tanques fue de 747. Cabe señalar que se habla de valores aproximados, en el sentido que la evaluación de biomasa del camarón en *ese* tiempo, no coincidió con el momento de iniciar el ensayo con *Artemia,* de tal suerte que se tomo el peso promedio más cercano a *este evento.*

para obtener los nauplios, los quistes de Anemia de Real de Salinas, fueron descapsulado con una proporción cloro-agua de mar de l:1. Los huevos se incubaron por un periodo de 24 horas, tiempo en el cual se cosecharon las larvas, las cuales se mantuvieron por otras 24 horas en agua de mar limpia (40 g/l de salinidad) sin alimento, asumiendo que durante las primeras horas de desarrollo, este organismo no

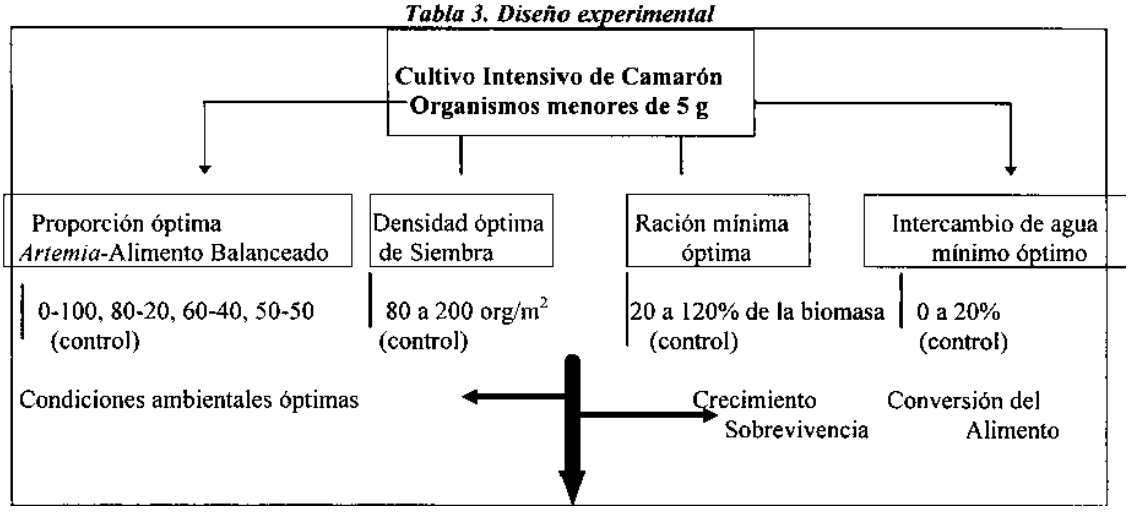
requiere de una fuente externa de energía para alimentarse, al contar todavía con su saco vitelino. Posteriormente se sembraron los nauplios en los tanques filtro, en un volumen promedio de 261 L a una densidad de 2 organismos/ml· La siembra fue directa en las aguas de desecho de los respectivos tanques de camarón. Cabe señalar que la evaluación de *Artemia fue* por triplicado; es decir, que de cada tanque de camarón se evaluaron tres flltros con *Artemia.* Durante los 16 di as de evaluación se realizaron 4 muestreos, los cuales consistieron en evaluar las aguas que se depositaban de los tanques de camarón a los tanques con *Artemia,* y al día siguiente se evaluaban las aguas de desecho de dichos filtros

Las variables que se evaluaron en cada muestreo fueron: sólidos suspendidos totales (NMX-AA-34), demanda bioquímica de oxígeno (NMX-AA-28), materia orgánica (NMX-AA-34), productividad primaria (Métodos Normalizados, APHA, AWWA, WPCF). mesófilos aeróbios (NOM-092-SSAl-1994), coliformes totales y co liformes fecales (NOM-l 12-SSA 1-1994), nitrito (método de la sulfanilamida)y amonio (método delazul de indofenol. Diariamente se evaluó a la temperatura, salinidad oxígeno y pH, al igual que el número de partículas inertes y células algales/ml. Estas dos últimas evaluaciones se hicieron por conteo microscópico por campos en hematocitómetro. Al final del ensayo se evaluó la biomasa de *Artemia,* sacando el total de animales de cada filtro y quitándoles el exceso de humedad se registro el peso en gramos. La biomasa fue enviada a la Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco, para que sea evaluada su calidad en cuanto a proteína, aminoácidos y ácidos grasos.

IV.2. Experimentos con *Penaeus setrferus*

Para la realización de los experimentos se seguió el siguiente diseño:

Tabla 3. Diseño experimental



Experimento 1 : Efecto de la densidad de siembra e intercambio de agua sobre el crecimiento y sobrevivencia de juveniles tempranos de *L. setrferus.*

Origen de las postlarvas

Las postlarvas utilizadas en este experimento fueron obtenidas de una hembra madura de *L, setrferus* proveniente del medio natural e inseminada artificialmente (Anexo l).

Las larvas obtenidas de éste desove fueron transferidas al área de cría y colocadas en contenedores de 400 L. Las larvas fueron alimentadas con el esquema de alimentación propuesto por Gallardo *et al.* (1995) que consiste en una combinación de algas *(Chaetoceros ceratosporum, Thetraselmis* chuii) *y* nauplios *de Anemia* (*Artemia franciscana),* hasta obtener postlarvas con nueve días después de la última muda metamórfica (PL 9). El cultivo completo desde protozoea 1 hasta PL9 fue de 18 días (Anexo l).

Diseño experimental

Consistió de la combinación de dos variables: a) cuatro densidades de siembra (50, 150, 250, 350 animales / m^2) y b) cuatro proporciones de recambio de agua por día (0, 6, 12, 18 %). Esto dió como resultado 16 combinaciones de densidad de siembra y recambio de agua (Tabla 4). Cada uno de estos tratamientos contó con tres repeticiones, haciendo un total de 48 tanques circulares con un área de 0.060m^2 /tanque y un volumen total de 5L/tanque (Fig. 2)

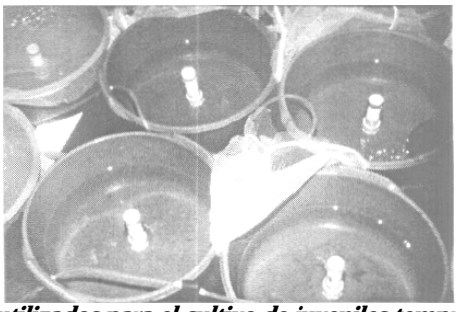


Fig. 2. Tanques circulares utilizados para el cultivo de juveniles tempranos de L. setiferus : efecto de la densidad de siembra y tasa de recambio de agua.

Para la densidad de 50 animales/$m^2$2, que corresponde a 3 PL9/ tanque se utilizaron 12 postlarvas; para la densidad de 150 animales/m^2 que corresponde a 9 PL9 / tanque se utilizaron 36 postlarvas; para la densidad de 250 animales /m^2 que corresponden a 15 PL9/tanque se utilizaron 60 postlarvas y para la densidad de 350 animales/m^2 que corresponden 21 PL9/tanque se utilizaron 84 postlarvas.

Tabla 4.- Diseño Experimental Primer Experimento.

Recambio de agua % volumen de recambio mL		Densidad animales/m2 50 (3)	150 (9)	250 (15)	350 (21)
		Número de postlarvas/tanque			
0	0	0/3	0/9	0/15	0/21
6	300	6/3	6/9	6/15	6/21
12	600	1213	12/9	12/15	12/21
18	900	18/3	18/9	18/15	**18121**

Los ml corresponden al recambio volumen de recambio diario correspondiente al % del volumen total (5L) (Fig. 3).

Fig. 3. Vista *parcial del dispositivo experimental utilizado durante los*

experimentos. Mantenimiento

Una vez que se estableció el recambio y la densidad de siembra en cada un de los tanques, se sembraron las postlarvas. Se mantuvieron con aireación constante regulada por medio de distribuidores y fueron cubiertas con una malla con una abertura de 2mm para evitar el salto de las postlarvas (Fig. 4)

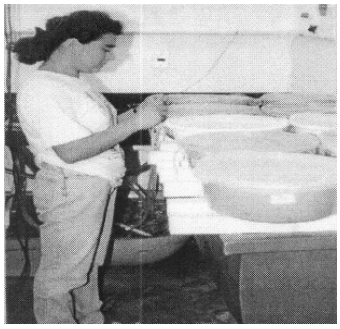


Fig. 4. Mantenimiento de los juveniles tempranos de L. setiferus durante los experimentos.

Parámetros fesicoquímicos.

Diariamente se escogieron al azar 16 tratamientos de los 48 para medir los siguientes parámetros: Oxígeno disuelto y temperatura con un oximetro de campo modelo *YS155* conectado a un electrodo polarográfico con sensibilidad de 0.01 mg/L. Con una muestra de 25 ml se midió el *pH con un ORION* modelo 1290. La Salinidad con un refractómetro modelo ATAGO. Cada cinco días se midió el amonio y el nitrito, con la técnica de azul de indofenol con una muestra de 5ml y con la técnica de la sulfanilamida con una muestra de 5 ml, respectivamente. (Hunter, 1993).

Diariamente, después de registrar los parámetros antes mencionados se sifoneó y se realizó el recambio de agua en cada uno de los tanques, retirando y agregando el volumen de agua que le correspondía (900ml, 600ml, 300tnl) según fuera el caso. El alimento se ofreció a los camarones see después de terminar la limpieza de los tanques.

Segundo Experimento :

Efecto de la ración y la densidad de siembra sobre el crecimiento y la sobrevivencia de juveniles tempranos de L. setiferus.

La alimentación de las postlarvas fue a base de alimento artificial microparticulado con 50% de proteína y con tamaño de partícula entre 354 y 21Qμ. El alimento fue preparado de acuerdo con la formulación propuesta por Gaxiola (1994), Tabla 5.

Tabla 5.- ***Composición (leí alimento microparticulado.***

Ingredientes	%
Harina de pescado	31
Harina de calamar	15
Harina de soya	33
Almidón	8.5
Lecitina de soy	1.0
Aceite vegetal	l.5
Aceite de harina de bacalao	l.5
Colesterol	0.5
Ac. Ascórbico	0.5
Premezcla de vitaminas*	l.7
Premezcla de minerales**	0.8
CMC*	5.0

* Carboximetil celulosa (aglutinante)* Donadas por Raistron Purina de México

El alimento se proporcionó diariamente 2 veces al día (8 :00 AM. y 8 :00pm.) a razón del 120 % del peso corporal (García, 1998.).
La ración diaria se calculó con *el peso* de 50 postlarvas (PL9), las cuales tenían un peso promedio de 0.83 mglpostlarva. Este valor se consideró como el 100 % de la biomasa corporal y se usó para calcular la cantidad de alimento a suministrar por animal. Así se obtuvo que para un 120 % de biomasa que se necesitó de 1 mg de alimento balanceado/animal (Tabla 6).

Tabla 6.- Segundo experimento. Representación de la cantidad de alimento para **cada** ***una de las diferentes densidades de siembra.***

Densidad Animales/m2	Ración 1 día (mg)	2 Tomas/día (mg)	Ajuste de alimento 2 Tomas/día (mg)
50	3		2.2
150	9	4.5	6.7
250	15	7.5	11.2
350	21	10.5	15.7

Debido a que la cantidad de alimento a suministrar cambia con el peso de los organismos Fue necesario realizar un ajuste de la cantidad suministrada por animal. El ajuste se llevó a cabo al día 13 del experimento. Con el fin de no manipular a las postlarvas se decidió incrementar la ración diaria en una

toma más. Al resultado de la suma de las tres tomas se le dividió en dos con el fin de no alterar los patrones de alimentación que se venían dando durante los primeros 13 días del experimento.

Después de 28 días se cuantificó el número de postlarvas de cada tanque para *determinar la* sobrevivencia, mediante la diferencia entre el número de postlarvas que sobrevivieron a cada tratamiento con respecto a las *postlarvas* sembradas al inicio. Estos resultados se expresaron en porcentaje. Para determinar el crecimiento, se pesaron individualmente todas las postlarvas de cada uno de los tanques de los diferentes tratamientos en una balanza analítica (peso húmedo: PH) Los datos se expresaron en mg ph/día (Gallardo, 1995.):

$$C = (Pf - Pi)It = AP/t,$$

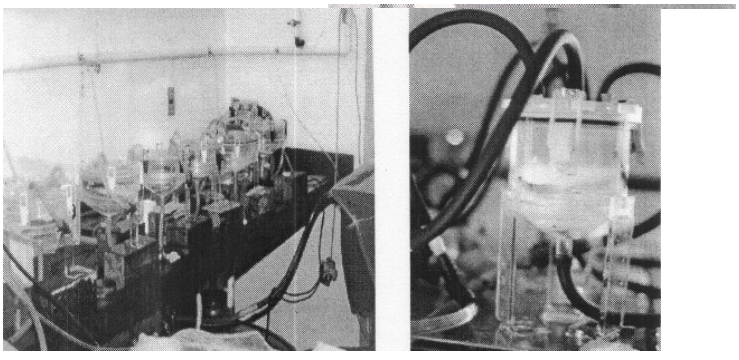
donde es la diferencia en peso (mg PH) al inicio (Pi) y al final (Pf) y t es el tiempo del experimento (28 días).

Respuesta fisiológica

Este experimento se diseñó tomando en cuenta los resultados obtenidos del experimento de crecimiento. Esta parte del trabajo se realizó con postlarvas 22 y juveniles tempranos de *Litopenaeuv setiferus. Ambos* fueron obtenidos de hembras inseminadas y desovadas en el laboratorio. Los organismos fueron seleccionados aleatoriamente y se colocaron en 12 contenedores de plástico de 60 L de capacidad con agua de mar filtrada por un cartucho de 5 mm en donde se aclimataron distintas salinidades (25, 40, 50 y 65%o). Cada una de las salinidades se combinó con distintas mezclas de amonio/nitrito (0/0, 0.04/0.06 y 3.0616.2 mg/L de $N\text{-}NH_2$IN-$N0_2$'). Durante este período, la temperatura del agua fue de 28 ± I 'C, el pH de 8.2, el oxígeno disuelto por arriba de 5.3. A los animales se les suministró alimento balanceado con 50 % de proteína 2 veces al día, por la mañana (8:00 h) y por las noches (20:00). Para mantener la calidad del agua, así coma para garantizar que las concentraciones de los contaminantes se mantuvieran constantes, se realizó un recambio del 50 % de agua de cada tina. El amonio y el nitrito fueron evaluados diariamente con las técnicas de azul de indofenol y la de sulfanilamida de acuerdo a la APHA (1989), respectivamente.

Después de 5 días que duró el período de aclimatación, se midió el consumo de oxígeno y la excreción de amonio en un sistema de cerrado de circulación. En cada condicón experimental se utilizaron 20 organismd'de los cuales 10 fueron colocados en cámaras respirométricas individuales de 500 ml, con agua con las salinidades y las concentraciones de amonio/nitrito correspondientes. El respirómetro consistió de cámaras de acrílico conectada a una bomba peristáltica la cual suministró el agua de mar de manera constante y uniforme (Fig. 5). El consumo de oxígeno de los animales se midió con un oxímetro de campo YSY (modelo) y se calculó de la diferencia entre el oxígeno disuelto registrado en la entrada del sistema y en la salida de cada cámara. Los resultados obtenidos se relacionaron con el peso seco de los organismos y se expresó en mg de 0_2 $^{h\text{-}'9\text{-}}$ ^{I}PS.

Fig. 5. Dispositivo experimental y cámaras respirométricas utilizadas para la evaluación del



consumo
de oxígeno de los juveniles de L. setiferus.

La excreción de amonio de las postlarvas se midió con la técnica de azul-indofenol como se señaló anteriormente y se determinó de la diferencia entre las concentraciones de amonio registradas en las muestras de agua tomadas a la entrada de sistema y a la salida de cada cámara re spirométrica y se reportaron como mg de NH3 h" g-'PS. Los valores del consumo de oxígeno y de la excreción de amonio de las postlarva y de los juveniles de *L, setiferus* se corrigieron por el valor obtenido en la cámara testigo. Al mismo tiempo, se realizaron las pruebas para conocer la concentración de glucógeno en el hepatopancreas de los camarones. La determinación del glucógeno en el hepatopancreas de los animales se realizó de acuerdo a (Dubois, 1965).

Experimento 2. Efecto de la proporción alimento balanceado Artemia y ración diaria

Un experimento similar al anterior fue desarrollado con el objeto de establecer el efecto de la proporción aliento balanceado *Artemia y* ración diaria en juveniles tempranos de L. *setiferus.* Se utilizaron juveniles tempranos de L, *setiferus* los cuales se mantuvieron en tanques de 90 L en densidades de 6 animales/tanque (150 PL/m^2), los cuales fueron obtenidos del cultivo de larvas de hembras desovadas en condiciones de laboratorio (Anexo l). Los animales fueron alimentados con una dieta balanceada similar a la utilizada en *el experimento* anterior y mantenidos con un régimen de recambio de agua constante. Se utilizaron juveniles de *Artemia* mantenidos entre 3 y 4 días con *flagelados (Tetraselmis tetratele) a una* densidad de 800 mil *cel/ml. Los* camarones fueron alimentados dos veces al día (Fig. 6).

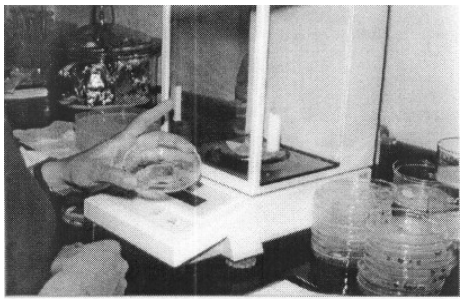
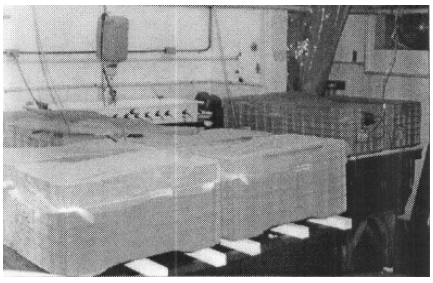


Fig. *6. Raciones de Artemia proporcionadas a los juveniles tempranos de L. setiferus durante los experimentos.*

Nuevamente la tasa de crecimiento fue calculada a partir de la diferencia entre el peso inicial y final de los camarones.

Efecto de la relación proteínalenergía. Cultivo de camarones en Tanques de 90 L. El objeto de esta comparación es establecer los potenciales de cultivo de ambas especies, tomando en cuenta que este tipo de trabajos pueden ser aplicables en ambas costas de nuestro País)

Fig. 7. Tanques de 90 L utilizados para a evaluación de la relación PIE en juveniles de L. setiferus.



Se realizó un experimento en el cual se evaluó el efecto de la razón proteína/energía sobre el crecimiento, la sobrevivencia el consumo de oxígeno y diversos perfiles bioquímicos tanto de la sangre de los camarones (Glucosa, glucógeno del hepatopácreas y la presión osmótica), como del hepatopáneras glucógeno). La razón proteína energía se utilizó como variable pues los resultados obtenidos hasta ahora indican que las proteínas que aportan *Artemia* son el factor esencial para la nutrición de los camarones. No obstante esto se identificó también que la acumulación de nitritos en el agua, asociados con el aumento de las proteínas de las dietas balanceadas, pueden convertirse en un factor ambiental dañino para los camarones y por ende para el ecosistema adyacente al cultivo. En este sentido se planteo el objetivo de explorar si era posible reducir la cantidad de proteínas del alimento balanceado aumentando la proporción de carbohidratos dietéticos.

Diversos autores han señalado que una alternativa adecuada para la reducción del efecto contaminante de los alimentos balanceados utilizados en la acuacultura es aumentando la proporción de carbohidratos que los componen (Cousin, 1995., Cuzon, 1998, Lawrence, 199S). Dado que en la elaboración de piensos para la acuacultura es necesario mantener un equilibrio entre la cantidad de energía disponible para las funciones fisiológicas básicas y las proteínas que dan soporte a la formación de tejido nuevo, en la formulación de dietas amigables con el medio se tienen que tomar en cuenta los requerimientos de ambos nutrientes y su efecto sobre el crecimiento. Por esta razón durante esta fase del estudio se diseñaron 4 dietas con diferentes niveles de proteína energía (mg kj) las cuales fueron elaboradas con base en proteínas de alta calidad (Tabla 7).

Tabla** 7. **Composición** (g kg⁻¹) **de las dietas experimentales conteniendo diferentes niveles de razón Proteina/energía (P/E)

	Dietas			
g kg^{-1}	P/E, mg/kj			
	16	26	31	36
Krill	300	370	400	480
Levadura	110	200	250	340
Harina de Trigo	513	346	256	73
Almidón	20	20	20	20
Celulosa	10	23	35	54
Rovimix	20	20	20	20
NA_2HPO_4	4	4	4	4
$CaCO_3$	1	1	1	1
K_2HPO_4	2	2	2	2
$MgCl_2$	3	3	3	3
Aceite de Pescado	11	7	6	2
Lecitina de Soya	6	4	3	1
Total	1000	1000	1000	1000
Materia Seca	11	15	14	16
% Proteínas	27	33	38	44
% de Lípidos	7	8.5	9	10
% Carbohidratos digestibles	32	23	15	6
Exctracto no nitrogenado	18	21	24	24
Energía, Kcal/g	396	300.5	293	290
Agua, mL	300	300	300	300
P/E, mg/kj	16.3	26.2	30.98	36.2

Los niveles de glucosa sangre fue obtenida con un kitt de diagnóstico clínico (Sigma). La presión osmótica fue analizada con un micro-osmómetro (Advanced Instruments) con capacidad para 20 microlitros y sensibilidad de +3 mOsm kg-1. El glucógeno del hepatopancreas fue analizado siguiendo la técnica propuesta por Dubois, et al. (1965). Se utilizó un ANOVA de una vía con réplica para el análisis de las posibles diferencias en peso, concentración de glucosa , proteínas, presión osmótica y glucógeno obtenidas de los organismos (Zar, 1974.).

Los animales se mantuvieron en tanques de 90 L suministrados con un flujo de agua con 25 *%o,* aireación constante y mantenidos a una temperatura de 28 + 1 °C. Se utilizaron 160 camarones de 1.8 + 0.02 g de peso vivo los cuales fueron repartidos entre los cuatro tratamientos (40 animales/tratamiento) (Fig. 7). Cada tratamiento contó con 4 repeticiones (10 animales/repetición), los cuales fueron alimentados a razón del 60% de su peso corporal. Los cambios de peso fueron evaluados 15 días después de haber iniciado el experimento y posteriormente cada 10 días hasta completar 45 dl as.

Al final de este lapso los camarones fueron pesados y contados y utilizados para la obtención de muestras de hemoliinfa y del hepatopácreas. Estas muestras fueron conservadas en baja temperatura (4°C) y mantenidas en un buffer de cacodilatos con el objeto de ser analizadas posteriormente. Las muestras del hepatopancreas fueron conservadas en Acido tri-cloro acético. Con los datos de los cambios de peso en el tiempo se elaboró una curva de crecimiento. La tasa de crecimiento se obtuvo de la diferencia entre el peso inicial y final y la sobrevivencia a partir de la diferencia entre el número de camarones al inicio y al final del experimento.

Producción de camarones < 5 g en un sistema de cultivo experimental piloto (estanques de 20 m^2}. Durante los últimos *meses se* desarrolló un cultivo de camarón en 8 estanques de 20 m^2 suministrados con agua de mar natural sin filtrado y aireados constantemente. Se sembraron juveniles de entre 0.6 y 0.9 g de peso vivo, los cuales provinieron de larvas cultivadas en condiciones controladas. Las postlarvas cosechadas de los tanques se colocaron en una densidad inicial de 400 animales m^{-2} los cuales fueron alimentados con nauplios, juveniles y adultos de *Artemia* provenientes de un cultivo intensivo realizado en tanques de 1000 *L. Las Artemias* fueron alimentadas con algas unicelulares (flagelados del género *Tetraseimis)* y mantenidas con recambio diaria de agua de mar de 50%. Una vez que los camarones rebasaron los 500 mg de peso, se procedió a sembrarlos en los estanques de 20 m^2 a razón de 40 animales m'^2. Estos animales se alimentaron a razón del 60% de su peso corporal. La dieta inicial consistió de algas unicelulares (flagelados del género *Tetraselmis),* nauplios, juveniles *y* adultos de *Artemia franciscana y* alimento balanceado comercial donado por la empresa Malta Texo, SA de CV. Se aprovechó el diseño experimental para probar 4 diferentes tipos de alimento que produce la empresa Malta Texo y los cuales pudieran ser de interés para los productores locales *una vez* que se inicien los cultivos de este tipo en la zona. Estos alimentos fueron clasificados como F 1 (estanques 1 y 2), F2 (estanques 3 y 4) , F3 (estanques 5 y 6) y F4 (estanques 7 y 8). Cada tipo de alimento contó con dos estanques de prueba. Los camarones se alimentaron dos veces al día. Diariamente se registró temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, y pH. Así mismo una vez a la semana se cuantificaron las concentraciones de amonio y nitritos del agua. Así mismo, diariamente se realizó un recambio del 10 del agua de mar de cada estanque (Fig. 8).

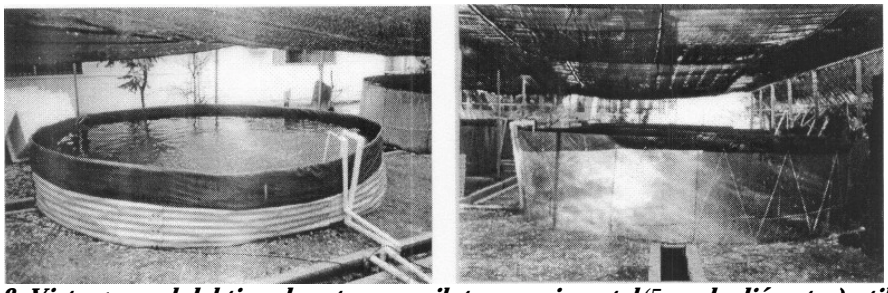


Fig. 8. Vista general del tipo de estanque piloto experimental** (5 **m de diámetro) utilizado para el experimento de crecimiento de juveniles tempranos de L. setiferus.

Efecto del tipo de alimento sobre la asimilación de diferentes tipos de alimento por juveniles de camarón

5 g. Frecuentemente es posible observar que es factible obtener altas tasas de crecimiento con muy bajos niveles de conversión alimenticia. Por esta razón el crecimiento no debe ser utilizado como el único criterio para establecer cual tipo de alimento es el más adecuado para ser utilizado en condiciones productivas. A través de estudios ecofisiológicos y nutricionales se ha podido demostrar que es factible medir la cantidad de energía asimilada del alimento ingerido por los organismos en cultivo. Este conocimiento parte del principio de que los camarones, al igual que la gran mayoría de los organismos heterótrofos adquieren la energía del alimento que consumen. Una vez ingerida la energía es transformada mediante la intervención del pool de enzimas que son arrojadas al estómago desde el hepatopáncreas. Durante este proceso los organismos invierten energía en las transformaciones mecánicas y bioquímicas del alimento ingerido. A la cantidad de energía invertida en este proceso se le ha denominado acción dinámica específica (ADE) y ha sido utilizada para conocer como las diferentes composiciones del alimento afectan la relación costo beneficio en los camarones alimentados con diferentes tipos de dietas (Rosas, 1996). La ADE puede ser integrada con el fin de conocer la cantidad de biomasa que es asimilada en una condición en particular (Lucas. 1993.)

$$AS = R(R,,,t + RADA) + P$$

donde R es la tasa respiratoria de rutina ($R_{,,,,}$) + R_{ADE} y P es la producción de biomasa. Así el consumo de oxígeno puede ser utilizado como una herramienta de gran utilidad la cual, acoplada con la producción de biomasa permite contar con una mejor visión de los efectos del tipo de alimento sobre la biología de los organismos cultivados.

Estudios recientes han demostrado que los metabolitos de la hemolinfa son indicadores de los procesos fisiológicos vinculados con la captación de biomasa en el músculo de los camarones(Cousin, 1995.). Por ejemplo la evaluación de las proteínas, la glucosa, y los triglicéridos son indicadores que permiten comprender como los organismos transportan y almacenan los elementos primarios que darán lugar al músculo, al glucógeno en el hepatopancreas y a las reservas de lípidos. Desde la perspectiva de un alimento de prueba esto es particularmente importante pues con este tipo de resultados es posible establecer que substratos energéticos aporta cada tipo de alimento.

a. Asimilación

La asimilación se obtuvo a partir de la ecuación

$$A = R + P,$$

donde A es la energía asimilada (jouls/día) y P es la energía canalizada al crecimiento.

La tasa respiratoria fue medida individualmente a partir del consumo de oxígeno de los camarones aclimatados por 30 días a cada uno de los alimentos de prueba. Se realizaron 18 mediciones individuales/dieta en cámaras de acrílico de 250 ml acopladas a un sistema de abasto constante y controlado de agua de mar natural (9 animales por duplicado en cada tipo de alimento).

Los animales fueron colocados en las cámaras respirométricas 12 horas antes de realizar las mediciones. Durante este tiempo los organismos no fueron alimentados. Una vez completado este lapso se midió el consumo de oxígeno de los camarones en ayuno. Posteriormente se les proporcionó una cantidad conocida de alimento balanceado con el fin de conocer el efecto del tipo de alimento en los costos asociados con las transformaciones mecánicas y bioquímicas del alimento ingerido (Incremento de Calor Aparente : ICA). Estas mediciones se realizaron 1, 2, 3 y 4 horas después de haber alimentado a los organismos. El ICA fue calculado a partir de la diferencia entre el consumo de oxigeno de los animales en ayuno y el máximo obtenido después de alimentarlos. El oxígeno consumido en las cámaras por cada animal se determinó de la diferencia entre la concentración de oxigeno a la entrada (Oxe, mg/l) y a la salida (Oxs, mg/l) de cada cámara y de acuerdo con la siguiente ecuación :

$$V02 = [(Oxe - Oxs) * F] / PS$$

donde VO_S es el consumo de oxígeno (mg O_j/hlg de peso seco), *F es la tasa de flujo de agua de* mar que pasa a través de cada cámara (1!li) y PS es el peso seco de los camarones. El ICA, como parte de la tasa respiratoria de los animales fue integrado a la ecuación

$$A = R(Rrut, + RL_{ICA}) + P$$

donde R_{rut} es el consumo de oxígeno de rutina proveniente de los animales en ayuno.

Metabolitos en hemolinfa. La hemolinfa se obtuvo con una jeringa de 0.5 mL por punción en la base de los pleópodos del quinto segmento abdominal cerca del poro genital. Durante la extracción por cada volumen de hemolinfa se utilizaron dos volúmenes de solución isotonica para camarón (SIC).

Determinación de glucosa. : Se colocaron lOµ1 de plasma en una microplaca y se adicionaron 200 µl de solución reactiva . Se incubaron a 25 $\pm$ 2° C durante 30 min y se registró la absorbancia a 492 nm. La concentración de glucosa (mg ml:') se calculó con una curva patrón utilizando el estándar comercial obtenido con el kit.

Determinación de Proteínas totales : La concentración de proteínas se determinó por el método de Lowry *et al. (1951).* Se usó albúmina sérica bovina (BSA) como referencia.

Determinación de Acilglicéridos :Se colocaron 10 µl de plasma en una microplaca y se adicionaron 200 µl de solución reactiva Se incubaron a 25 + 2° C por 30 min y se leyó la absorvancia a 492 nm. La concentración de lactato (mg mL-') se calculó con una curva patrón utilizando el estándar comercial obtenido con el kit.

Se utilizaron un ANOVA para la comparación de los resultados obtenidos el cual fue acoplado con un análisis de Duncan con el fin de obtener la diferencias específicas entre cada tipo de alimento.

Resultados y Discusión

Cultivo de Artemia.

Se evaluó la densidad de 2 g/l de biomasa de *Artemia* siguiendo la metodología descrita anteriormente. Los resultados promedio de calidad de agua se presentan en la siguiente tabla 8. La técnica para determinar amonio fue a través del método de Nessler para rangos entre 0 y 2.5 mg/l de nitrógeno amoniaca(($N\text{-}NH_3$).

Tabla 8. Valores promedio de los compuestos nitrogenados evaluados en los cultivos de Artemia

	NITRITO (mg/1 de N-NO2)			NITRATO (mg/l de N-NO3			AMONIACO (mg/1 de $N\text{-}NH_3$)		
Tratamiento	1	In	F	I	In	F	I	In	F
M+S20%C	0.330	0.244	-	0.044	17.6	-	0.12	l.305	-
M+S20%O	0.330	0.330	0.132	0.044	6.16	14.52	0.12	3.080	>3.35
M+S30%C	0.330	0.099	0.182	0.044	6.16	14.52	0.12	2.037	>3.35
M+S30%0	0.330	0.178	0.185	0.044	15.84	7.92	0.12	0.403	>3.35
M+S40%C	0.330	0.162	0.116	0.044	14.52	10.56	0.12	2.037	>3.35
M+S40%0	0.330	0.218	' 0.129	0.044	19.8	9.24	0.12	2.010	>3.35
M20%C	0.330	0.092	0.086	0.044	11.88	18.04	0.12	2.538	>3.35
M20%O	0.330	0.099	0.743	0.044	20.68	12.76	0.12	1.537	>3.35
M30%C	0.330	0.098	0.139	0.044	7.36	13.20	0.12	3.86	>3.35
M30%0	0.330	0.168	-	0.044	9.24		0.12	2.306	-
M40%C	0.330	0.083	0.106	0.044	5.72	8.36	0.12	2.428	>3.35
M40%O	0.330	0.089	0.132	0.044	14.08	9.68	0.12	2.098	>3.35

I (Inicial), In (intermedio), F (Final), M+S (microalgas + salvado), M (microalgas), Los porcentajes se refieren al recambio de agua diario realizado en las unidades experimentales, C (Tanque claro), O (Tanque obscuro)

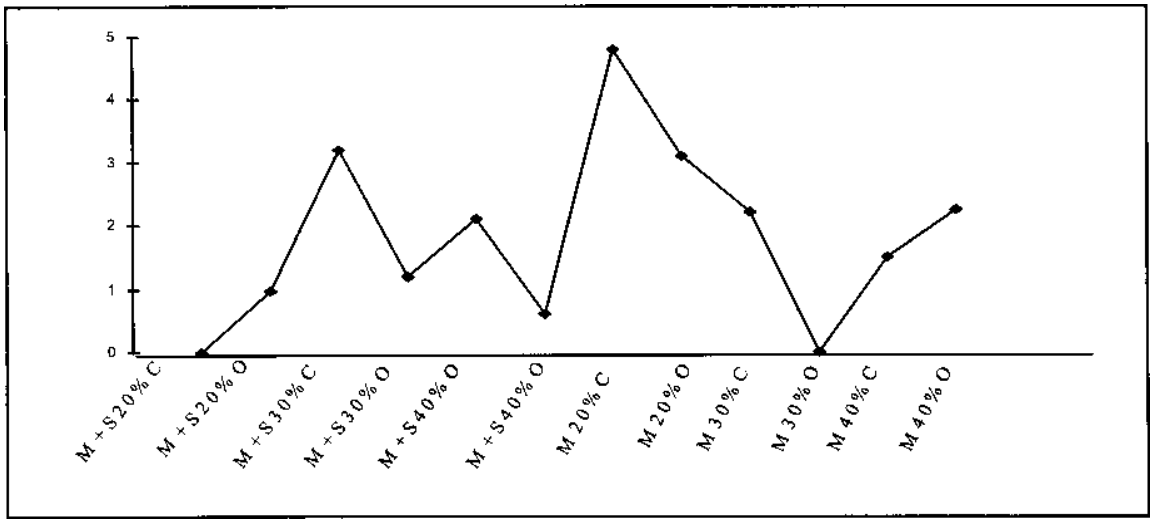


Figura 9. Biomasa promedio final de Anemia en los distintos tratamientos.

Los valores registrados en todas las muestras al final del ensayo fueron superiores. Respecto a los parámetros fisicoquímicos que se evaluaron diariamente en las unidades experimentales, la temperatura promedio mínima y máxima fue de 29.9 °C y 30.6 °C respectivamente, en cuanto a la salinidad los valores fueron de 39.3 gll y 45.3 g/l y el pH presento valores de 7.3 y 7.5. Cabe señalar que el oxígeno sólo se registró al inicio *del ensayo siendo* este de 5.8 mg/l.

Los resultados indican que la mayor producción de biomasa se presentó en la combinación microalgas-20% de recambio de agua-y luz continua, seguido por microalgas+salvado de arroz, 30% de recambio de agua y luz continua. Aunque aún están pendiente los análisis bromatológicos de la biomasa producida para establecer con precisión las condiciones más adecuadas para la producción de biomasa, estos resultados permiten perfilar bajo que condiciones es posible producir biomasa *de Anemia (Fig. 9).*

Uso de Artemia como biofiltro.
En la figura 10 (el filtro 1 y 2 corresponden al agua de los tanques de camarón alimentados con 25 y 40% de proteína, respectivamente), podemos observar los valores máximos, mínimos y promedio de las variables ambientales que se evaluaron a diario. Podemos decir que las condiciones fueron adecuadas en todo momento a este respecto para el desarrollo de *Artemia.*

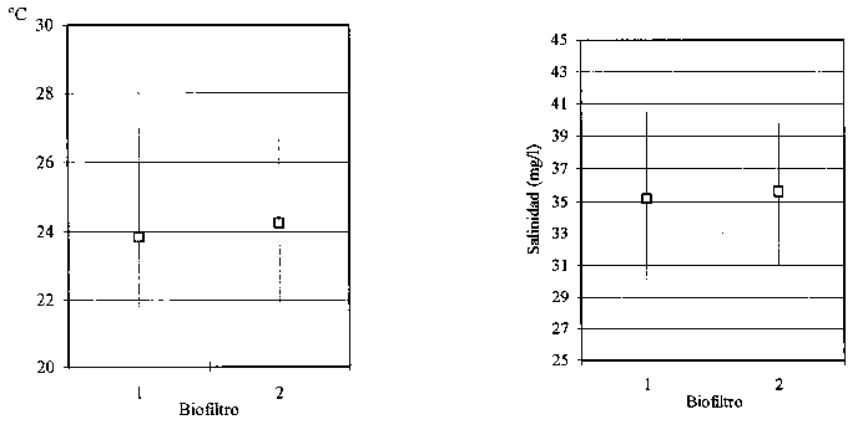



Figura 10. Variables evaluadas en el presente ensayo.