

EVALUACIÓN NUTRIMENTAL DEL FLAN DE CALAMAR COMO ALIMENTO PARA LARVAS DE LANGOSTINO *Macrobrachium rosenbergii* (De Man)

Nutritional evaluation of squid custard as feed for larvae of the prawn *Macrobrachium rosenbergii*(De Man)

JC Santos-Gutiérrez, MP Hernández-Vergara ✉, R Mendoza-Alfaro, CI Pérez-Rostro

(JCSG)(MPHV)(CIPR) Laboratorio de cultivo de Crustáceos Nativos. Instituto Tecnológico De Boca Del Río, Carr. Córdoba-Veracruz km.12 A.P. 68 C.P. 94290. Tel/Fax (229) 9860189 ext. 104. mphv1@yahoo.com.mx
(RMA) Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León

Artículo recibido: 01 de febrero de 2007, **aceptado:** 07 de abril de 2011

RESUMEN. Se evaluó la eficiencia nutrimental de un producto semi húmedo “Flan de calamar”, como suplemento y/o complemento alimenticio para larvas de langostino *Macrobrachium rosenbergii* a partir del V estadio de vida. El alimento se formuló con calamar fresco y huevo de gallina (38.8 % proteína cruda, y 16.4 % lípidos totales) como fuentes proteicas. Se probaron tres dietas experimentales con tres repeticiones en un diseño completamente aleatorio y una densidad de 50 larvas L⁻¹ (2500 larvas/unidad experimental). Los tratamientos fueron: A1: Nauplios de *Artemia* sp. recién eclosionados; A2: 50 % de nauplios de *Artemia* sp. y 50 % de flan de calamar; A3: Únicamente flan de calamar. Las larvas fueron alimentadas dos veces al día (8:00 y 14:00). El estudio se realizó en nueve tinas circulares plásticas (62 L), en un sistema abierto de cultivo y una salinidad de 14 ± 2 g L⁻¹. temperatura 29 ± 0.5 °C y fotoperiodo 12:12 L:O. En el tratamiento A2, se observaron las primeras postlarvas después de 23 d de cultivo, mientras que en A1 y A3 entre los días 24 y 25. Con el tratamiento A2 se obtuvo una producción de postlarvas y supervivencia significativamente superior (91.5 %) al de A1 y A3, que no presentaron diferencias entre si. Los resultados indican que el “Flan de Calamar” puede usarse como suplemento parcial de nauplios de *Artemia* sp. durante la producción de postlarvas de *M. rosenbergii*. La dieta experimental además de ser sencilla de preparar, presenta alta calidad nutrimental y estabilidad en el agua.

Palabras clave: Producción larvaria, *M. rosenbergii*, dieta semi húmeda, flan de calamar.

ABSTRACT. The nutritional efficiency of the semi moist product “Squid Custard” was evaluated as a supplement and/or nutritional complement for larvae of the prawn *Macrobrachium rosenbergii*, from the V life stage onwards. The feed was prepared with fresh squid and chicken egg (38.8 % crude protein and 16.4 % total lipids) as protein sources. Three experimental diets with three replicates were tested in a completely random design with a density of 50 larvae/L (2500 larvae/experimental unit). The treatments were: A1: recently hatched *Artemia* sp nauplii; A2: 50 % *Artemia* sp nauplii and 50 % squid custard; A3: only squid custard. The larvae were fed twice daily (8:00 and 14:00). The experimental system consisted of nine circular plastic tanks (62 L), in an open culture system with a salinity of 14 ± 2 g L⁻¹, a temperature of 29 ± 0.5 °C and a photoperiod of 12:12 L:D. The first postlarvae were observed after 23 d of culture in the A2 treatment, while in treatments A1 and A3 they were observed between day 24 and 25. Postlarvae production and survival were significantly greater in treatment A2 (91.5 %) than in treatments A1 and A3, which were similar. Results indicate that the “Squid Custard” may be used as a partial supplement of *Artemia* sp nauplii in the production of *M. rosenbergii* postlarvae. The experimental diet is easy to prepare and presents a high nutritional quality and stability in the water.

Key words: Larval production, *M. rosenbergii*, semi moist diet, squid custard.

INTRODUCCIÓN

Durante la producción masiva de larvas y crías de especies acuáticas, es básico asegurar el suministro eficiente del alimento que permita obtener la cantidad y calidad de organismos que demandan los productores comerciales. Para lograr lo anterior, se requiere que el alimento proporcione no solo los requerimientos nutricionales específicos para la especie, sino que además tenga las características físicas (tamaño, textura, flotabilidad, etc.) adecuadas para su ingestión, por lo cual el alimento vivo es la principal opción al respecto, y en particular la *Artemia* sp. que se considera el alimento más usado en producciones larvianas (Lazo 2000). Sin embargo, el aumento de la demanda de *Artemia* sp. en los sistemas de cultivo se refleja también en su costo. Aunado a lo anterior, el abastecimiento de quistes en el mercado nacional es inconsistente, y no se descarta la posible introducción de patógenos a los sistemas de cultivo, que se asocian a la contaminación de algunas cepas comerciales (Kovalenko et al. 2002). Otra alternativa para la alimentación de estadios larvianos de crustáceos son los nauplios del camarón duende *Streptocephalus dichotomus*, especie con un valor nutrimental equiparable al que promueven los nauplios de la *Artemia* sp. en producciones de postlarvas de langostino malayo, pero de menor costo y mayor disponibilidad en algunos países como la India (Velu & Muluswamy 2007). Por otro lado, y dependiendo de la especie, los nauplios de *Artemia* sp. no siempre cubren las necesidades alimenticias en los diferentes estadios larvianos de los organismos, por lo que resulta necesario el uso de alimentos artificiales complementarios al alimento vivo (Lavens & Sorgeloos 2000; Lazo 2000). El uso de dietas artificiales que cubran los requerimientos de los organismos en sus primeros estadios de vida pueden ser una opción económicamente viable en los sistemas acuícolas, ya que el manejo y almacenamiento de los mismos disminuye los costos de mano de obra, infraestructura y mantenimiento, que se relacionan con el uso del alimento vivo, siempre que su fabricación asegure la calidad nutrimental, y las características físicas y organolépticas que se requieren (Lazo 2000). Sin embargo, algunas especies acuáticas no

siempre aceptan dietas artificiales, de aquí que la selección del alimento para la producción intensiva de larvas y particularmente de postlarvas de langostino, no solo depende de los requerimientos de la especie, sino de su aceptación, así como de su facilidad de adquisición y/o preparación, además del margen del costo-beneficio que representen (Lavens et al. 2000). Respecto a los costos durante la producción de postlarvas de langostinos, Mohanakumaran et al. (2007), indican que es factible nutrimental y económicamente el uso de Cyclop-eeze, un alimento para larvas que puede sustituir hasta 50 % de la *Artemia* sp. en cultivos comerciales, lo que disminuye hasta en un 26 % los costos de producción de un millón de postlarvas. Por lo anterior, es necesario realizar estudios que permitan validar la calidad nutrimental de alimentos artificiales, que aseguren la producción a bajo costo, y que además sean de fácil preparación u obtención. El presente estudio tuvo como objetivo validar la eficiencia de un alimento semi húmedo con textura de flan, como suplemento alimenticio para la producción de postlarvas de langostino malayo, para proponerlo como una dieta alternativa para el larvicultivo de langostino en México. La dieta experimental se utiliza tradicionalmente y con éxito empírico, en la producción de postlarvas en la granja acuícola "La Rayana", ubicada en Playa de Vacas, Municipio de Medellín de Bravo, en el estado de Veracruz, debido a su fácil preparación y bajo costo; sin embargo, no existen reportes técnicos que confirmen la eficiencia del flan como complemento o sustituto a la *Artemia* sp.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de producción de postlarvas de langostino malayo de la granja acuícola "La Rayana", que se ubica en Playa de Vacas, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México; que se localiza a 15 m al norte de la Ciudad de Boca del Río, Veracruz.

Diseño experimental

El diseño experimental consistió de la evaluación nutrimental de tres dietas experimentales usa-

das en el larvicultivo de langostino (tratamientos): A1, 100 % de la alimentación a base de *Artemia* sp. (3 nauplios de *Artemia* ml⁻¹); A2, 50 % de *Artemia* sp. (1.5 nauplios de *Artemia* ml⁻¹) y 50 % de flan de calamar (4.5 g día⁻¹); y A3, 100 % de flan de calamar (9 g día⁻¹). La proporción de flan de calamar que se suministró, fue el equivalente al que se proporciona de manera cotidiana en los estanques de larvario durante las producciones de la granja. El estudio se realizó en nueve tinas plásticas como unidades experimentales en un diseño completamente aleatorio de tres tratamientos con tres réplicas, y 50 larvas en estadio V/I (2 500 larvas V/trat.) (Kamarudin & Roustaian 2002; Kovalenko *et al.* 2002).

Dieta experimental: Flan de calamar

La dieta experimental consistió de un alimento semi húmedo propuesto por New & Singholka (1984), que se modificó en función de la disponibilidad y costo de ingredientes locales, y se preparó para contener 38.8 % de proteína cruda, y 16.4 % de lípidos totales, a base de carne de calamar fresco, huevo entero de gallina, leche en polvo y harina de arroz (Tabla 1). Durante la preparación de la dieta, los ingredientes secos se mezclaron y homogenizaron en un procesador de alimentos marca Osterizer (modelo 855-54), posteriormente se agregaron los ingredientes húmedos, con lo que se obtuvo una mezcla homogénea, que se cocinó a baño María a temperatura de 75 °C, en una estufa convencional durante 20 min. Posteriormente se adicionó lecitina de soya y se enfrió a temperatura ambiente (aproximadamente 26 °C) para agregar a continuación la premezcla de vitaminas y minerales, y combinar hasta tener una mezcla homogénea. El producto final presentó una consistencia suave y esponjosa, y se colocó en pequeños recipientes de 200 ml, que se mantuvieron en refrigeración a -4 °C, hasta su uso.

Alimento vivo

Se comparó la calidad nutrimental del flan de calamar contra nauplios de *Artemia* sp. recién eclosionados (INVE Premium Quality). Diariamente se pusieron a eclosionar 5 g de quiste de *Artemia* sp. en un contenedor plástico de forma cónica con capacidad de 10 L, y agua a 14 g L⁻¹ de salinidad,

aireación constante, temperatura de 29 °C, y fotoperiodo de 12:12 L:O (Luz/oscuridad). Al término del tiempo de eclosión (24 h aproximadamente), los nauplios se colectaron con una malla de 125 µm para su uso posterior (Kamarudin & Roustaian 2002).

Análisis químicos proximales

Previo al inicio del estudio, se determinó la composición proximal de la dieta experimental, para lo cual se evaluó el contenido de proteína cruda (%), lípidos totales (%), humedad (%) y cenizas (%), en el laboratorio de química del ITBOCA, en Boca del Río, Veracruz, mediante las técnicas de la A.O.A.C., por triplicado (1984).

Organismos experimentales

Se seleccionaron 50 hembras ovadas de los sistemas de cultivo y engorda de langostino malayo de la granja, con huevos de color gris o ámbar en el abdomen, lo que se consideró como indicador de la proximidad a la eclosión de las larvas. Las hembras se colocaron en un tanque de concreto circular para confinamiento y desove de 2 m de diámetro y 0.35 m de altura, localizado en el laboratorio de producción de postlarvas de la granja. El agua del sistema de desoves permaneció a una salinidad de 5 g L⁻¹, temperatura de 28 °C, fotoperiodo de 12:12 L:O, y aireación constante (New & Singholka 1984). Las hembras grávidas permanecieron en el sistema de confinamiento por aproximadamente tres días, tiempo en que se presentó la eclosión de las larvas. Después de la eclosión, se incrementó el flujo del agua para que la corriente arrastrara a los organismos a la salida del estanque para su colecta con una malla de 125 µm. Posteriormente, las larvas se cuantificaron, y se colocaron en el sistema experimental a una densidad de 50 org l⁻¹, donde permanecieron alimentados exclusivamente de nauplios de *Artemia* sp. hasta el estadio V, momento a partir del cual se inició el estudio nutrimental, debido a que el organismo en esta etapa tienen la capacidad metabólica de aprovechar una mayor diversidad de alimentos, debido a que sus mandíbulas y tracto digestivo se torna más eficiente, además de que se incrementa su actividad enzimática (principalmente de amilasas) (Jones *et al.* 1993; Jones 1998; Lavens *et al.*

Tabla 1. Composición proximal de la dieta experimental "Flan de Calamar" usada durante el estudio y de los nauplios de *Artemia* sp. (García et al. 1998).

Table 1. Approximate composition of the experimental diet "Squid Custard" used in the study and of the *Artemia* sp nauplii (García et al. 1998).

Ingredientes	% Peso húmedo	Análisis proximal (% peso seco)	Flan	Artemia sp.
Calamar	37.00	Proteína	38.80	56.20
Huevo de gallina	26.14	Lípidos	16.40	17
Harina de arroz	6.59	Cenizas	3.40	7.60
Leche en polvo	4.81	Humedad	78.25	
Lecitina de soya ^a	0.62			
Vitaminas ^b	0.26			
Agua	24.55			
Total	100			

* *Artemia* sp. Marca INVE M.R.

^a Lecitina de soya, Marca Lecitina de Soya 1200 gelcaps®

^b Vitaminas, Marca MAXIVIT (vitaminas y minerales) pharmacaps®

2000).

Sistema experimental

Durante el estudio se utilizó el "método de agua clara" para producción de postlarvas de langostino (New & Singholka, 1984; Valenti & Daniels, 2000). El sistema experimental consistió en nueve tinas circulares de plástico de 62 L, que se llenaron 80 % de su capacidad, en un sistema abierto y sin comunicación entre unidades experimentales, que se localizó en el laboratorio de cultivo de postlarvas de la granja. El experimento se realizó en condiciones ambientales semi-controladas, para la producción de postlarvas de langostino *M. rosenbergii*. La salinidad del agua se mantuvo a $14 \pm 2 \text{ gL}^{-1}$, la temperatura permaneció entre 26 y $31 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$, y la concentración de oxígeno próxima a la saturación por medio de una manguera para acuario y piedras difusoras conectadas a un soplador de aire (Sweetwater modelo S51) de $2 \frac{1}{2}$ Hp. El pH permaneció en un rango de entre 7.0 y 8.5, y un fotoperiodo de 12:12 (L: O), y la concentración de amonio promedio de 0.02 mg L^{-1} . Diariamente (08:00 y 14:00) y a lo largo del estudio, se registraron los parámetros fisicoquímicos del agua del sistema experimental. La temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, se determinaron con un analizador de pH Modelo YSI 60, y un refractómetro Modelo SR1, respectivamente. El agua de cultivo previamente a su introducción al sistema se desinfectó con una solución de hipoclorito de so-

dio al 6 %, y posteriormente se pasó a través de un filtro de arena sílica, y se almacenó en un tanque de 3 m^3 de capacidad, de donde se extrajo mediante una bomba de $\frac{1}{2}$ Hp, para su uso durante los recambios de agua.

Alimentación

A las larvas de langostino desde su eclosión y hasta el estadio V (décimo día de vida a partir de su eclosión), se les suministró como alimento únicamente nauplios de *Artemia* sp. en tres ocasiones al día (8:00, 12:00 y 18:00 h). Una vez que las larvas estuvieron en el estadio V, se procedió a la adaptación de las larvas de los tratamientos A2 y A3 al flan de calamar durante dos días, periodo en que se sustituyó progresivamente la *Artemia* sp. por la cantidad de flan requerida de acuerdo con los tratamientos propuestos. Para lo anterior, el primer día de adaptación se suplió la última comida del día a base de *Artemia* sp. por flan, y al día siguiente se realizó el reemplazo total. Una vez adaptados los organismos a las dietas, el alimento se proporcionó dos veces al día (8:00 y 16:00 h). Después de 10 min de suministrar la primera alimentación, se tomaron 15 larvas de cada tina para su observación en un microscopio compuesto (marca ZEISS) a 10X de aumento, para evaluar aproximadamente y mediante observación directa, el porcentaje de tracto digestivo ocupado con alimento.

Limpieza del sistema experimental

La limpieza del sistema experimental se realizó diariamente (14:00 h) antes de proporcionar la segunda alimentación del día, y consistió en el sifoneo de los residuos orgánicos del fondo de las unidades experimentales. Los costados de las tinas se limpiaron con una franela húmeda con agua e hipoclorito de sodio al 6 %, y se realizó un recambio de 50 % con agua del tanque de almacenamiento (New & Singholka 1984).

Parámetros de respuesta

Los parámetros de respuesta que se evaluaron fueron: la supervivencia de las larvas ($S\%$), el periodo de tiempo en que llegaron a postlarvas (días), y la producción total de postlarvas. Al inicio y final del estudio se contaron individualmente los organismos experimentales para determinar su supervivencia mediante la siguiente fórmula:

$$S\% = 100 \times \left(\frac{NF}{NI} \right)$$

En donde:

$S\%$ = Porcentaje de Supervivencia

NI = Densidad Inicial (número de organismos por unidad de área)

NF = Densidad Final

El desarrollo larval (en tiempo), se evaluó como el porcentaje de organismos que se encontraban en un estadio de desarrollo determinado, y el tiempo que tardaban en pasar al siguiente estadio, para lo cual diariamente se revisaron 15 organismos por unidad experimental para registrar el desarrollo larvario mediante observación directa de los organismos en un microscopio (10X de aumento), y posterior comparación visual de las estructuras físicas con las claves para fases larvales de *M. rosenbergii* de Uno & Know (1969). Asimismo, se determinó el tiempo que requirieron las larvas hasta que se presentaron las primeras postlarvas, (porcentaje de metamorfosis de larvas a PL en relación con el número total de larvas/número de postlarvas por tratamiento). Con el propósito de evitar la mortalidad debido al manejo de los organismos, no se consideraron ni el peso o la longitud de las larvas como parámetros de respuesta, debido a que durante las biometrías se

puede ocasionar estrés a los organismos que ocasionen un efecto no deseado en los resultados. Debido a que en los cultivos larvarios el principal indicador de su eficiencia es la producción total de postlarvas en el menor tiempo, se considero a la producción total por tratamiento como el indicador final de la eficiencia de las dietas experimentales.

Análisis estadístico

Los datos previos a su análisis se sometieron a la prueba de normalidad y homocedasticidad. La supervivencia se transformo a arcoseno previo a su análisis, y posteriormente se realizó un análisis de Varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % para establecer las diferencias entre tratamientos, posteriormente se aplicó una prueba de rango múltiple de Duncan (95 %) para determinar las diferencias entre las medias. Los análisis se realizaron con el programa estadístico Statgraphics Plus 4.1.

RESULTADOS

Supervivencia

La supervivencia total de los organismos del tratamiento A2, fue significativamente superior a la que mostraron los dos tratamientos restantes, mientras que los resultados de supervivencia para los tratamientos A1 y A3 no mostraron diferencias significativas entre sí (Tabla 2).

Desarrollo larval

El estudio tuvo una duración de 42 d, y finalizó 19 d después de la aparición de las primeras postlarvas, cuando el 90 % de larvas en el tratamiento A2 pasaron a postlarvas. Se consideró al tratamiento A2 como indicador del término del estudio, debido a la alta supervivencia y producción de postlarvas que presentó, además de la eficiencia en el desarrollo larval. En el tratamiento A2, se generó una producción de postlarvas (26.2 PL/L) significativamente superior a la de los tratamientos A1 y A3, mientras que estos no presentaron diferencias entre sí. Acorde con los resultados de la producción de postlarvas, la presencia de larvas en el tratamiento A2 al final del estudio, fue significativamente infe-

Tabla 2. Supervivencia promedio de larvas y postlarvas al final del estudio nutrimental por tratamiento.
Table 2. Average survival of larvae and postlarvae at the end of the nutrition study per treatment.

Variable	Media \pm desviación estándar			ANOVA
	A1	A2	A3	
Supervivencia (%)	4.46 \pm 0.15 ^b	91.52 \pm 1.28 ^a	4.34 \pm 0.73 ^b	P < 0.0001
Postlarvas (# total org.)	67.48 \pm 28.35 ^a	1310.30 \pm 27.75 ^b	71.67 \pm 32.14 ^a	P < 0.0100
Larvas (# total org.)	44.66 \pm 11.59 ^a	2.60 \pm 4.61 ^b	37 \pm 13.89 ^a	P < 0.0001

rior respecto a las obtenidas en los tratamientos A1 y A3, mientras que los anteriores no presentaron diferencia entre sí, debido a que la mayoría de los organismos tuvieron una metamorfosis completa de larvas a postlarvas (Tabla 3).

DISCUSIÓN

La producción de postlarvas de langostinos, su metamorfosis y supervivencia, dependen de varios factores y su interacción, entre los que destacan: el sistema de cultivo experimental, el manejo durante la producción, la calidad del agua, y la temperatura (Valenti & Daniels 2000). Pero además como lo corroboran los resultados del presente estudio, el alimento y la estrategia de alimentación tienen un efecto directo sobre la calidad del agua de cultivo y la salud de los organismos, y por ende de la producción final. En el bioensayo se utilizó un sistema de cultivo abierto con el que se obtuvo una producción de postlarvas en un tiempo promedio de 42 días, con la aparición de las primeras postlarvas entre los días 23 y 25. A diferencia de los resultados de este estudio, Aquacop (1983) y New & Singholka (1984) reportan que en sistemas cerrados, el periodo de cultivo y producción de postlarvas puede variar de 28 hasta 35 días en promedio, en relación con los parámetros ambientales y de calidad del agua, lo que coincide con los resultados de Kamarudin & Roustaian (2002), quienes obtuvieron postlarvas a partir del día 29 de cultivo. En contraste, New & Singholka (1984) detectaron las primeras postlarvas de langostino entre los días 16 y 18 de cultivo. Las diferencias en el periodo de cultivo entre los estudios anteriores, radican principalmente en el manejo y el tipo de alimento que se suministró. Durante los primeros cinco estadios larvarios en que los organismos

experimentales consumieron únicamente nauplio de *Artemia* sp., se observó un desarrollo similar al que se reporta en estudios con larvas y postlarvas de langostinos (Aquacop 1983; Kovalenko et al. 2002). Lo anterior se relaciona con los hábitos alimenticios de la especie en sus primeras fases de vida, en donde el alimento vivo resulta fundamental para asegurar la supervivencia, y que se relaciona directamente con el desarrollo del hepatopáncreas y la producción de enzimas digestivas, por lo que a partir del estadio V-VII, los organismos tienen una alimentación de omnívora-carnívora (García 2000; D'Abramo 2002; Kamarudin & Roustaian 2002; Barros & Valenti 2003a; 2003b).

Diversos autores coinciden en que una alimentación exclusiva con nauplios de *Artemia* sp., es suficiente para obtener una supervivencia y producción de postlarvas de langostino (Lavens & Sorgeloos 2000; Kovalenko et al. 2002). A diferencia de lo anterior, al término del presente estudio se observó que los organismos que se alimentaron únicamente con nauplios de *Artemia* sp., en el tratamiento A1, tuvieron una supervivencia significativamente inferior a los organismos del tratamiento A2, de lo que se puede deducir que una dieta a base exclusivamente de nauplios de *Artemia* sp., no cubre por completo los requerimientos de las larvas durante la metamorfosis a postlarvas, particularmente debido a que las necesidades nutricionales y los hábitos alimenticios de la especie varían en función de la etapa de vida, en especial al llegar al estadio XI (previo a la metamorfosis), en donde el gasto energético (17.3% energía metabólica total) es significativamente superior al requerido en las otras fases de desarrollo, y no se puede cubrir con una alimentación a base únicamente de *Artemia* sp. (Jones et al. 1997). Por otro lado, la dieta A3 tampoco tuvo resultados sa-

Tabla 3. Tiempo promedio (días) que requirió el 90 % de la población para cambiar de estadio larvario.
Table 3. Average time (days) that 90 % of the population required to change larval stage.

Estadios / Días	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	PL
Tratamiento A1	0	1	4	7	9	11	14	16	18	21	23	24
Tratamiento A2	0	1	4	7	9	11	13	15	19	21	22	23
Tratamiento A3	0	1	4	7	9	11	14	16	18	21	23	25

tisfactorios debido posiblemente al periodo de permanencia del flan en la columna de agua (4 h) lo que disminuía la posibilidad de que las larvas lo encontrarán, lo que de acuerdo con Jones *et al.* (1997) al igual que Barros & Valenti (2003a), se debe a que las larvas cambian sus hábitos de cazadores activos a omnívoros oportunistas, por lo que es básico el movimiento y densidad del alimento en la columna de agua del cultivo. Por otro lado, en estadios posteriores al V las larvas sufren diversos cambios morfológicos, y desarrollo de las mandíbulas, que incrementan su tamaño y estructura, lo que permite que prefieran dietas blandas en lugar de sólidas. En las primeras etapas larvarias de algunos crustáceos, el tracto digestivo en general no presenta estructuras bien definidas, por lo que la digestión y asimilación de las dietas es relativamente ineficiente, por lo que resulta necesario el suministro de dietas altamente nutritivas, y de fácil asimilación, que contribuyan además con enzimas digestivas que mejoren el uso eficiente de la dieta, como sucede al proporcionarles alimento vivo hasta las fases previas a la metamorfosis (Jones *et al.* 1997; Lavens *et al.* 2000). Por lo anterior, se puede considerar que una alimentación combinada con nauplios y alimentos semihúmedo (flan de calamar) genera una eficiencia nutrimental superior en comparación con las dietas individuales (A1 y A3), debido a que se suman las ventajas de una dieta con movimiento y aporte de nutrientes, con otra de consistencia esponjosa, nutricionalmente eficiente y de fácil digestión. Barros & Valenti (2003a), recomiendan que la sustitución total del alimento vivo por dietas húmedas y secas, se realice paulatinamente a partir de los estadios V y VI, debido a que en esta fase se presenta el desarrollo del tracto digestivo de las larvas de langostino, y con ello un incremento de volumen del hepatopáncreas,

así como un aumento progresivo de la producción de tripsina, que permite a su vez, una mejor digestión y asimilación de nutrientes. Por lo anterior, Jones *et al.* (1993) coincide con otros autores en que los nauplios de *Artemia* sp. pueden sustituirse por dietas artificiales de alta digestibilidad a partir del V estadio de vida de las larvas, tal y como se realizó durante el presente estudio. Por otro lado, a medida que las características morfológicas de las larvas se desarrollan, también la capacidad de percepción y de selectividad del alimento aumenta (Barros & Valenti 2003a; D'Abramo 2002), lo que permite que las larvas diversifiquen sus fuentes alimenticias, en las que se incluyen alimento vivo, vegetales y dietas artificiales para satisfacer la ingestión y cubrir el gasto de energía (Mohanakumaran *et al.* 2007). En un estudio nutrimental con larvas de langostino malayo, Roustaian *et al.* (2007) concluyó que las larvas hasta postlarvas parecen no tener variaciones específicas en sus requerimientos de aminoácidos, por lo que considera que una dieta a base de *Artemia* sp. y flan de huevo permiten finalizar eficientemente el cultivo larvario, lo que coincide con los resultados del presente estudio.

De acuerdo con nuestros resultados, se puede considerar que la dieta experimental flan de calamar es un alimento eficiente y puede usarse como suplemento a los nauplios de *Artemia* sp., durante la producción de postlarvas de *M. rosenbergii* a partir del V estadio de vida. Lo anterior debido a que la dieta es un producto de fácil preparación, consistencia y estabilidad en el agua, características adecuadas para los organismos alimentados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean por este medio agradecer

el apoyo y las facilidades otorgadas para la realización del estudio, al Gerente de la Granja Acuícola La Rayana, Sr. Raymundo Hernández Dworak, así

como a los revisores anónimos del presente documento, quienes contribuyeron en gran medida con su comentarios a mejorar el mismo.

LITERATURA CITADA

- Aquacop (1983) Intensive larval rearing in clear water of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, Annual stock) at the Centre Oceanologique du Pacifique, Thaiti. In CRC Handbook of Mariculture, Vol. 1: Crustacean Aquaculture. (Ed. By J.P. McVey & J.R. Moore), pp. 179-187. CRC Press, Boca Raton.
- Barros HP, Valenti WC (2003a) Food intake of *Macrobrachium rosenbergii* during larval development. Aquaculture 216: 165-176.
- Barros HP, Valenti WC (2003b) Ingestion rates of *Artemia nauplii* for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture 217: 223-233.
- D'Abramo LR (2002) Challenges in developing successful formulated feed for culture of larval fish and crustaceans. In: Cruz-Suárez, L. E, Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. México. 143-151 pp.
- García OA (2000) Valor nutricional de los quistes de Artemia y su uso como fuente de proteína en dietas artificiales para larvas de peces. In: Cruz-Suárez, L. E, Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. México pp. 287-299.
- Jones DA, Kamarudin MS, LeVay LL (1993) The potential for replacement of live feeds in larval culture. Journal of the World Aquaculture Society 24: 199-210.
- Jones DA, Yule AB, Holland DL (1997) Larval nutrition. In: D'Abramo, L.R., Coklin, D.E., Akiyama, D.M. (Eds.), Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture. World Aquaculture Society, Baton Rouge. 356-389 pp.
- Jones DA (1998) Crustacean Larval Microparticulate Diets. Fisheries Science 6(1, 2): 41-54
- Kamarudin MS, Roustaian P (2002) Growth and fatty acid composition of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, larvae fed diets containing various ratios of cod liver oil-corn oil mixture. Journal Applied Ichthyology 18: 148-153.
- Kovalenko EE, D'Abramo LR, Ohs CL, Buddington RK (2002) A successful micro bound diet for the culture of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Aquaculture 210: 385-395 .
- Lavens P, Sorgeloos P (2000) The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. Aquaculture 181: 397-403.
- Lavens P, Thongrod S, Sorgeloos P (2000). Larval prawn feeds and dietary importance of *Artemia* In: New, M. B., Valenti, W. C. (Editor's), Freshwater Prawn Culture: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell. 91-111 pp.
- Lazo JP (2000). Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos. En: Cruz-Suárez, L. E, Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. México. 300-312 pp.

- Mohanakumaran NC, Salin KR, Ashok KK (2007) Use of Cyclop-eeze as a substitute for *Artemia nauplii* in larval rearing of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879). *Aquaculture Nutrition* 13(2): 88-93.
- New MB, Singholka S (1984) Cultivo de camarón de agua dulce. Manual para el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. FAO, Doc. Tec. Pesca (8225) 118p.
- Roustaian P, Kamarudin MS, Omar H, Saad CR, Ahmad MH (2007) Amino acid composition of developing larval freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of the World Aquaculture Society* 31(1): 130-136
- Uno Y, Know CS (1969) Larval development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) reared in the laboratory. *Journal of the Tokyo University of Fisheries* 55: 179-190.
- Valenti WC, Daniels WH (2000) Recirculation hatchery systems and management. In: New, M.B., Valenti, W. C. (Editor's), *Freshwater Prawn Culture: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii**. Blackwell Publication. 69-90 pp.
- Velu CS, Munuswamy N (2007) Evaluation of *Streptocephalus dichotomus* nauplii as a larval diet for freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Nutrition* 14 (4): 331-340.