

Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda: Parastacidae)

Effect of feeding frequency on growth and survival of juvenile crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda: Parastacidae)

Edilmar Cortés-Jacinto,
Humberto Villarreal-Colmenares
y Marisela Rendón-Rumualdo

Programa de Acuicultura. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S. 23090, México. E-mail: humberto@cibnor.mx

Cortés-Jacinto, E., H. Villarreal-Colmenares y M. Rendón-Rumualdo, 2003. Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda: Parastacidae). *Hidrobiológica* 13 (2): 151-158.

RESUMEN

El efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, fue evaluado en 60 días de cultivo. Grupos de juveniles de acociles (crayfish) con peso inicial de 0.89 ± 0.06 g fueron alimentados con cuatro diferentes frecuencias de alimentación por día: cada 24 h (C1), 12 h (C2), 6 h (C3) y cuatro veces al día (C4) con una dieta con 35% de proteína cruda. Las tasas de crecimiento específico (TCE) de 3.02 y 2.79%/día, muestran que las frecuencias alimenticias C3 y C4 maximizan el desarrollo de juveniles de *C. quadricarinatus*, obteniendo pesos finales de 4.7 y 5.4 g, biomásas de 253.2 y 311.8 g/m², con Factores de Conversión Alimenticia (FCA) de 1.8 y 1.2, respectivamente. Los tratamientos C1 y C2 mostraron un FCA significativamente más alto. El intervalo de sobrevivencia fue de 86.7 a 98.3%, siendo estadísticamente menor para los tratamientos experimentales C1 y C2. Los resultados de incremento en peso de los juveniles de *C. quadricarinatus*, indican que la frecuencia de alimentación óptima es de al menos tres veces al día. Sin embargo, en términos de biomasa final el tratamiento C4 fue significativamente diferente con respecto a los demás tratamientos. La información obtenida contribuirá a mejorar la comprensión de la dinámica de distribución del alimento y correlacionarla con la condición nutricional y rendimiento en la producción de juveniles de *C. quadricarinatus*.

Palabras clave: Alimentación, frecuencia alimenticia, crecimiento, *Cherax*.

ABSTRACT

The effect of feeding frequency on the growth and survival of juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* with initial mean weight of 0.89 ± 0.06 g was evaluated in a 60-day study. Juveniles were fed with four different feeding frequencies: every 24 h (C1), 12 h (C2), 6 h (C3) and 4 h (C4), with a 35% crude protein diet. Specific Growth Rates (SGR) of 3.02 and 2.79%/day showed that feeding frequency treatments C3 and C4 maximize growth of juvenile *C. quadricarinatus*, reaching final mean weights of 4.7 and 5.4 g, biomasses of 253.2 and 311.8/m², and Feed Conversion Ratios (FCR's) of 1.8 and 1.2, respectively. Treatments, C1 and C2 showed significantly higher FCR's. Survival ranged

from 86.7 to 98.3%, and was statistically different among the experimental treatments, except for organisms fed with C1 and C2. Final weights of juvenile *C. quadricarinatus* showed that a feeding frequency of at least three times a day (C3) was significantly better. However, in terms of biomass, treatment C4 was better. The information obtained will contribute to improve the understanding of the dynamics of distribution of feeds and to correlate it with the nutritional condition of juvenile *C. quadricarinatus*.

Key Words: Feeding, feeding frequency, growth, *Cherax*.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha resultado ser por más de una década la actividad de producción alimenticia con mayor tasa de crecimiento en el mundo, con 39.4 millones de toneladas en 1998 (Tacon y Forster, 2000). El éxito de una industria acuícola, se basa entre otros, en la selección de la especie con características apropiadas para utilización comercial. El cultivo del acocil (crayfish) del género *Cherax*, también conocido como langosta de agua dulce, ha recibido atención considerable entre los productores acuícolas y agrícolas en México. El acocil *Cherax quadricarinatus* es una especie omnívora oportunista de origen australiano que ha evolucionado como un organismo resistente que tolera un amplio intervalo de temperatura (23 a 31°C) (King, 1994), con un óptimo de 27°C (Jones, 1988), posee alta tasa de crecimiento, ciclo de vida simple (Jones y Ruscoe, 1996; Lawrence y Jones, 2002), fácil manejo, alto potencial reproductivo y es menos agresiva que otras especies del mismo género (Webster *et al.*, 1994; Meade y Watts, 1995; Villarreal y Pelaéz, 1999). Fue introducida a México en los 90 y se cultiva principalmente en el noroeste utilizando alimentos peletizados diseñados para otras especies (vgr. *Macrobrachium*, *Penaeus*, *Ictalurus*) (Villarreal, 2000). A la fecha, la producción en México ha sido limitada debido a su reciente explotación a nivel comercial, obteniéndose un promedio anual de 15 toneladas en 2000 (Zertuche, 2000). Aunque el avance es evidente, una de las limitaciones importantes para el éxito del cultivo comercial de *C. quadricarinatus* ha sido la falta de desarrollo de un mercado local, acorde a los volúmenes actuales de producción, la falta de información apropiada en los aspectos nutricionales (Reigh *et al.*, 1993; Meade y Watts, 1995; Cortés *et al.*, 2002) y las prácticas alimenticias de la especie (vgr. frecuencia de alimentación) (Jones y Ruscoe, 1996); entre otros factores. Por otro lado, para los acuicultores es necesario obtener un balance entre un rápido crecimiento y el uso óptimo del alimento (Hossain *et al.*, 2001).

El alimento es generalmente uno de los componentes principales en los costos de operación de una granja acuícola (Reigh y Ellis, 1994; Villarreal, 1995; Chamberlain, 1996; D'Abrahamo y Sheen, 1996; Cruz-Suárez *et al.*, 2002), alcanzando, en muchos casos, niveles superiores al 50% del total (Shiau,

1998). En el cultivo semi-intensivo la producción es dependiente de las dietas comerciales, ya que alrededor de 50% de los nutrientes se obtienen del alimento peletizado (Jussila, 1997; Jussila y Evans, 1998). Las dietas formuladas son incluso más importantes en cultivos con alta densidad para asegurar altos niveles de producción comercialmente rentables (D'Abrahamo y Sheen, 1996). El desarrollo de un régimen de alimentación para una especie cultivada requiere primero del entendimiento básico de la nutrición y los requerimientos de nutrientes en la dieta del animal (Tacon, 1990). Tacon (1996), menciona que la función y éxito de una dieta peletizada no depende de su contenido nutricional, sino también de sus características físicas (color, talla, forma, textura, densidad y estabilidad en el agua) y el manejo en la granja (almacenamiento, ración alimenticia, frecuencia y aplicación del alimento). El uso de dietas comerciales para el cultivo de acociles es limitado en México, particularmente por la falta de una dieta formulada específicamente para las especies con potencial de cultivo (Cortés *et al.*, 2002). Sin embargo, muchos crustáceos muestran requerimientos nutricionales similares, posibilitando el uso de dietas comerciales de otras especies para el cultivo de ésta. Con base a lo propuesto por Villarreal y Peláez (1999) y Jones y Ruscoe (2000), los cuales dan los lineamientos generales de niveles de proteína recomendados para cultivo comercial de *C. quadricarinatus*, y en lo encontrado por Meade y Watts (1995) y Anson y Rouse (1994), que evaluaron la respuesta de juveniles de *C. quadricarinatus* a diversas fuentes nutricionales, se conoce que dietas desarrolladas para camarón y bagre con 35% de proteína cruda pueden sostener niveles adecuados de crecimiento. Asimismo, Hernández *et al.* (2000) y Cortés *et al.* (2002) indican que el requerimiento óptimo de proteína para juveniles de *C. quadricarinatus* es de 31% de proteína en la dieta, y Lawrence y Jones (2002), por su parte, señalan que la experiencia en la industria muestra que dietas formuladas de 20 a 30% de proteína y de 5 a 10% de lípidos son adecuados para la producción comercial de *C. quadricarinatus* utilizando sistemas de cultivo semi-intensivo.

La investigación referente a la frecuencia de alimentación ha sido desarrollada preferentemente en camarones peneidos (*Litopenaeus vannamei*; *Penaeus monodon*) (Robertson *et al.*, 1992; Cortés, 1998; Velasco *et al.*, 1999; Smith *et al.*, 2002). En As-

tacidos existen trabajos en diferentes especies destacando lo realizado con *Procambarus clarkii* (Reigh *et al.*, 1993; Reigh y Ellis, 1994; Jover *et al.*, 1999; Eversole y McClain, 2000). Cortés (1998), realizó evaluaciones de la frecuencia alimenticia en el camarón blanco *L. vannamei*. Velasco *et al.* (1999), determinaron el efecto de la frecuencia alimenticia y el porcentaje de la ración alimenticia en el crecimiento de juveniles de camarón blanco *L. vannamei*. Martínez-Córdova *et al.* (1998), evaluaron estrategias alimenticias y la suplementación del alimento de origen natural con raciones peletizadas en *L. vannamei* cultivado en estanquería rústica. Tacon (1990), Clifford (1994), Cortés (1998), y Lawrence y Jones (2002) entre otros, indican que la alimentación debe ser de forma frecuente, preferiblemente más de una vez al día. Velasco *et al.* (1999), indican que la frecuencia de alimentación y cantidad de alimento por ración alimenticia es una parte integral del buen manejo de alimentación en un sistema acuícola. Por otro lado, un control de la salud, calidad de agua y alimentación adecuada es crucial para mantener las condiciones óptimas del cultivo de astacidos y peneidos (Jussila, 1997; Martínez-Córdova *et al.*, 1998; Eversole y McClain, 2000; Huner, 2002). Barki *et al.* (1997), han reportado que la ración y distribución alimenticia afecta el crecimiento y sobrevivencia de *C. quadricarinatus* en cautiverio. La optimización de la estrategia alimenticia es la principal consideración en un sistema de cultivo intensivo que involucre la nutrición, procesamiento y manejo de la alimentación (Smith *et al.*, 2002).

El conocimiento de estrategias y frecuencia de alimentación para el cultivo de *C. quadricarinatus* es incipiente. La frecuencia alimenticia que promueva satisfactoriamente la producción de la especie contribuirá al desarrollo de una industria económicamente estable y exitosa. En el presente estudio el objetivo fue evaluar la frecuencia óptima de suministro de la ración alimenticia diaria para maximizar el crecimiento y la sobrevivencia de juveniles de *C. quadricarinatus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Procedimiento del cultivo

Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Nutrición del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., (CIBNOR) en La Paz, B.C.S., México. Se utilizó un sistema de 16 unidades experimentales (UE) con un área de cultivo de 0.26 m² (0.38 x 0.69 m), con un volumen de 40 l c/u. Los juveniles de *C. quadricarinatus* fueron obtenidos de un estanque de reproducción del CIBNOR y se sembraron al azar 15 organismos (peso promedio de 0.89 ± 0.06 g) por unidad experimental. El fotoperíodo fue natural, aproximadamente 14h Luz: 10h Oscuridad. La temperatura se mantuvo en 27.7 ± 0.1°C durante los 60 días de cultivo, utilizando termostatos de 100 Watts (Aquarium Pharmaceuticals, Inc. Annecy, Paris, France). Niveles de 6 ± 0.11 mg O₂/l,

Tabla 1. Horario y frecuencia alimenticia evaluada en cultivo de juveniles de la langosta de agua dulce (*C. quadricarinatus*) por un periodo de 60 días.

Tratamiento	Horario de Alimentación				Número de veces que se alimentó al día.
	08:00	14:00	20:00	24:00	
C1			*		1
C2	*		*		2
C3	*	*	*		3
C4	*	*	*	*	4

se mantuvieron utilizando un soplador de 5 HP (Sweetwater®, Apopka, FL., USA) y piedras difusoras. El nitrato, nitrito y amonio fueron medidos cada semana mediante un espectrofotómetro Hach Modelo DREL2010 (The Hach Company, Loveland, CO, USA). Aproximadamente 50% del agua de cada unidad experimental fue reemplazada diariamente. Se utilizó una malla sintética de 0.20 m² como refugio y protección para evitar pérdidas potenciales por canibalismo.

Tratamientos experimentales

El protocolo de alimentación fue diseñado de acuerdo a trabajos previos realizados para otros crustáceos (Cortés, 1998) y se describe en la Tabla 1. La dieta seleccionada fue alimento comercial (PIASA®, La Paz, B.C.S. México) peletizado de 2 mm, en función a lo sugerido para la especie por Anson y Rouse, (1994) y Villarreal y Peláez, (1999). La composición proximal de la dieta fue analizada de acuerdo a las técnicas descritas en AOAC (1995). La alimentación inicial fue definida en función de la biomasa de cada unidad experimental, proporcionando el 8% de la biomasa total. Posteriormente se ajustó la ración alimenticia de acuerdo al consumo del alimento. La ración total diaria fue dividida basándose en el número de veces que se alimentaba cada unidad experimental. Cada tratamiento fue evaluado por cuadruplicado.

Análisis y colecta de muestras

El rendimiento de los organismos se evaluó en función del incremento en peso y mediante el cálculo de los siguientes índices de producción:

Tasa de crecimiento absoluta (TCA):

$$TCA = \frac{(P_f - P_i)}{t}$$

Donde, P_f peso final, P_i peso inicial y t es el período de tiempo del cultivo experimental.

Tasa de crecimiento específica (TCE) que denota el crecimiento promedio por día:

$$TCE = \frac{\ln P_t - \ln P_i}{t} \times 100$$

Donde, $\ln P_t$ es el logaritmo natural del peso a un tiempo t y $\ln P_i$ es el logaritmo natural del peso inicial.

Factor de conversión aparente del alimento (FCA) =

$$\frac{\text{Alimento suministrado (g)}}{\text{Incremento en peso (g)}}$$

Sobrevivencia = (Número final de organismos/número inicial de organismos) \times 100.

Diariamente se retiró el alimento no consumido, las heces y se registró el número de mudas. A los 15, 30, 45 y 60 días de cultivo se realizó una biometría registrándose el peso mediante una balanza digital (OHAUS® con precisión de 0.01 g, Pine Brook, NJ, USA) para evaluar el desarrollo de los organismos.

Análisis estadísticos

Las diferencias entre los tratamientos se determinaron al 95% por medio de análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba de rangos múltiples de Tukey (Sokal y Rohlf, 1995). Se consideró que las diferencias entre los pesos finales eran significativas cuando la probabilidad presentó valores menores a 0.05. La sobrevivencia fue transformada por la raíz cuadrada del arcoseno antes del análisis estadístico (Sokal y Rohlf, 1995). Las diferencias en biomasa (g/m^2), ganancia en peso, FCA y sobrevivencia se establecieron al final del experimento. Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el paquete estadístico Statistica (1998) (StatSoft, Inc., Tulsa, OK).

RESULTADOS

Los resultados de los análisis proximales realizados a la dieta experimental indican que la dieta contenía 36.7% de proteína cruda, 12.6% de lípidos, 1.2% de fibra cruda, 8.3 de ceniza y 41.2 de extracto libre de nitrógeno.

Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el incremento de peso a partir de los 15 días de cultivo. La Figura 1 presenta el incremento en peso a través del tiempo. El peso final de los juveniles fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en los tratamientos C3 y C4 (Tabla 2).

La Tabla 2 presenta los resultados de la respuesta productiva de los juveniles en términos de crecimiento, sobrevivencia, FCA, biomasa, TCA, TCE y peso final de *C. quadricarinatus* después de 60 días. La sobrevivencia más baja se presentó en organismos alimentados con menor frecuencia (C1 y C2), siendo equivalente a 87%. El FCA fue significativamente mas alto en los tratamientos C1 y C2, siendo 1.25 para el tratamiento de mayor frecuencia alimenticia (C4). Asimismo, se registró una menor tasa de crecimiento específica, cuando la frecuencia alimenticia

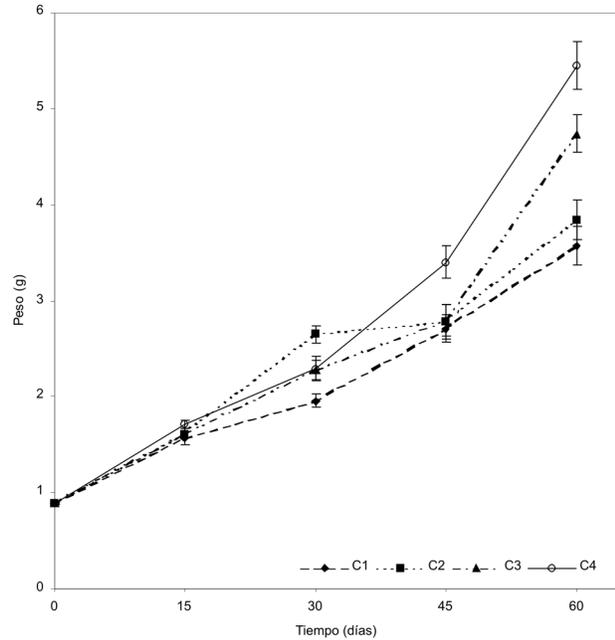


Figura 1. Crecimiento (promedio \pm error estándar) de juveniles de *C. quadricarinatus* alimentados con diferente frecuencia de alimentación: C1 = 1 vez/ día; C2 = 2 veces/ día; C3 = 3 veces/ día; C4 = 4 veces/ día, durante 60 días de cultivo.

fue menor. Por otro lado, la frecuencia de alimentación C4 produjo el mejor rendimiento en términos de biomasa con $311.8 \text{ g}/\text{m}^2$ ($p < 0.05$).

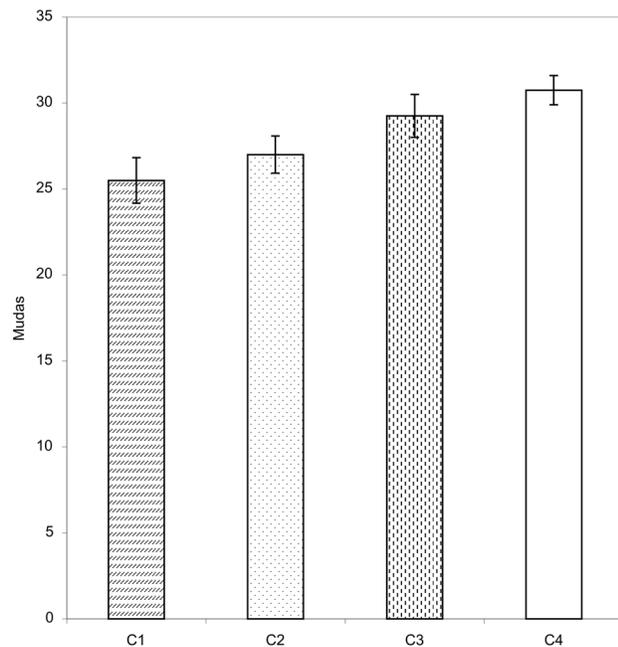


Figura 2. Número promedio aparente de mudas de juveniles de *C. quadricarinatus* a los 60 días de cultivo. C1 = 1 vez/ día; C2 = 2 veces/ día; C3 = 3 veces/ día; C4 = 4 veces/ día (promedio \pm error estándar).

Tabla 2. Parámetros de producción y la respuesta del crecimiento de *C. quadricarinatus* a los 60 días de alimentación con diferentes frecuencias alimenticias (promedio \pm desviación estándar).

Frecuencia Alimenticia*	Peso final (g)	Biomasa (g/m ²)	FCA	T.C.A. (g/día)	TCE (%/día)	Sobrevivencia (%)
C1	3.57 \pm 1.14b	176.91 \pm 10.9 c	3.2 \pm 0.04 d	0.05 \pm 0.005 b	2.31 \pm 0.04 b	86.7 \pm 0.05 b
C2	3.84 \pm 1.17b	190.80 \pm 11.2 c	2.1 \pm 0.15 c	0.04 \pm 0.005 b	2.44 \pm 0.06 b	86.7 \pm 0.07 b
C3	4.74 \pm 0.71a	253.20 \pm 12.24 b	1.8 \pm 0.18 b	0.06 \pm 0.005 a	2.80 \pm 0.07 a	93.3 \pm 0.05 ab
C4	5.45 \pm 1.09a	311.80 \pm 14.82 a	1.2 \pm 0.19 a	0.07 \pm 0.001 a	3.02 \pm 0.11 a	98.3 \pm 0.03 a

Valores promedio para cada renglón con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

*C1 = 1 vez/ día; C2 = 2 veces/ día; C3 = 3 veces/ día; C4 = 4 veces/ día.

El número de mudas fue significativamente más alto para los tratamiento C3 y C4, con un promedio total de 29.3 y 30.8 mudas respectivamente ($p < 0.05$), mientras que el menor número de mudas se registró en el tratamiento de alimentación de una vez al día (C1), con 25.5 mudas en promedio (Fig. 2). Lo que indica una mayor frecuencia de muda, originando formación de nuevo tejido muscular en un mayor número de los organismos alimentado con el tratamiento C3 y C4.

DISCUSIÓN

Las condiciones generales de la evaluación experimental en el presente estudio fueron satisfactorias y cumplen con los estándares definidos para evaluaciones nutricionales en crustáceos (Tacon, 1990; Akiyama *et al.*, 1991; Kanazawa, 1992; D'Abrahamo y Castell, 1996). El alimento comercial utilizado en el cultivo experimental ha sido empleado con éxito en la engorda de juveniles de *C. quadricarinatus* en estanques con recubrimiento plástico, con excelente sobrevivencia (80%) y tasa de crecimiento (2.36 g/semana) (Naranjo *et al.*, 2000). Por otro lado, el nivel protéico de la dieta cubre los requerimientos nutricionales para *C. quadricarinatus*, de acuerdo a lo establecido por Villarreal y Peláez (1999), Hernández *et al.* (2000) y Cortés *et al.* (2002).

A pesar de ello, se ha evidenciado que las formulaciones de alimento artificial de buena calidad pueden dar pobres resultados, si el manejo de las mismas es inadecuado, teniendo en cuenta la cantidad, frecuencia y método de alimentación empleado (Bárbaro *et al.*, 1994; Lawrence y Jones, 2002; Smith *et al.*, 2002).

El efecto diferencial entre los tratamientos se relaciona con el hecho de que, a mayor frecuencia de alimentación, se incrementan las posibilidades de adquirir los nutrientes indispensables para el desarrollo óptimo, ya que las pérdidas por lixiviación reducen la aportación vitamínica y la palatabilidad se mantiene (Guillaume, 1997). Una dieta estable favorece el crecimiento ya que hay menor pérdida de nutrientes. La lixiviación puede ser minimizada mediante el uso de vitaminas estables e

insolubles que impactan el costo de la dieta y a través del incremento en la frecuencia alimenticia (Robertson *et al.*, 1992). Jussila y Evans (1998), han estudiado el comportamiento alimenticio de *C. tenuimanus*, indicando que los restos de alimento de dietas inestables son ignorados por el acocil en cultivo intensivo y semi-intensivo, causando crecimiento lento comparado con dietas estables. La conservación de las propiedades organolépticas, un menor desperdicio de alimento no consumido, y la reducción de desechos orgánicos que impactan la calidad del agua, se reflejaron en un FCA estadísticamente más bajo para el tratamiento C4. En el presente experimento, los niveles de amonio, N-nitratos y N-nitritos no rebasaron los valores mínimos de detección del equipo Hach, ya que diariamente se realizó un recambio de agua del 50% y se mantuvo aireación constante.

Por otro lado, el registro de mudas aparentes por unidad de cultivo, permite inferir que alimentando con mayor frecuencia (C4), los juveniles de *C. quadricarinatus* tienden a mudar más en esta clase-talla, como resultado de un mejor aprovechamiento de los nutrientes. Cuzon *et al.* (1982), reportan que el tiempo de alimentación fue muy importante para garantizar un rápido consumo del alimento de *P. japonicus*, minimizando la pérdida de nutrientes y mejorando la tasa de crecimiento de la especie. Jussila (1997), menciona que los astacidos son en general organismos altamente eficientes para el consumo de alimento ya que tienen una flora intestinal variada. Es decir pueden aprovechar el alimento, aunque las propiedades nutritivas de éste hayan disminuido por lixiviación producto de la permanencia prolongada bajo el agua. Bardach *et al.* (1986), Clifford (1994) y Cortés (1998), indican que el número de alimentaciones diarias pudiera ser basado en la estabilidad del alimento, proponiéndose un número mínimo de tres a cuatro alimentaciones diarias (Aragón-Noriega y Calderón, 1997).

Los resultados obtenidos en el cultivo experimental de juveniles de *C. quadricarinatus*, coinciden con trabajos previos realizados en otras especies cultivadas, en donde se ha encontrado un marcado efecto de la frecuencia de alimentación en el

crecimiento (Noeske *et al.*, 1985; Wyban y Sweeney, 1989; Robertson *et al.*, 1992; García-Galano *et al.*, 2000; Hossain *et al.*, 2001), o en actividad proteolítica (Gaxiola *et al.*, 2000; López *et al.*, 2002) Por otro lado, el crecimiento semanal para *C. quadricarinatus* de 0.47 g/semana es significativamente inferior al esperado comercialmente (vgr. Naranjo *et al.*, 2000).

En la presente investigación, el cultivo se desarrolla en agua clara (sin productividad natural), y por periodos relativamente cortos de tiempo. La productividad natural, constituida por especies del fitoplancton (vgr. diatomeas), zooplancton (vgr. copépodos), macroalgas y bentos, contribuyen de manera significativa a la nutrición de los organismos (Martínez-Córdova, 1998). Otros estudios con crustáceos decápodos de agua dulce han demostrado que el acceso a alimentos variados (vgr. larvas de insectos, oligoquetos) incide positivamente en las tasas de crecimiento (Villarreal, 1989; D'Abramo y Sheen, 1996; Lawrence y Jones, 2002). Tidwell *et al.* (1995), indican que el alimento peletizado puede ser sustituido parcialmente por la productividad natural en un sistema de cultivo comercial, ya que con el alimento natural se ha evidenciado que se reduce la tasa de alimentación. Por lo que, el FCA en producción comercial puede ser menor a lo reportado en el presente estudio, en la que los acociles se mantuvieron solo con la ración alimenticia proporcionada.

La sobrevivencia es otro índice comúnmente utilizado para evaluar la respuesta nutricional de crustáceos (D'Abramo y Castell, 1996). La tasa de mortalidad que se presentó en las unidades de cultivo fue menor al 13%, y estuvo relacionada principalmente a factores como estrés ambiental durante el manejo de los organismos en cada una de las biometrías realizadas, y al debilitamiento que se puede presentar posterior al proceso de muda. Sin embargo, los resultados muestran un beneficio en términos de sobrevivencia en función de la frecuencia alimenticia.

Teniendo como base éstos factores se recomienda alimentar a *C. quadricarinatus* con una frecuencia de cuatro veces al día (C4).

El presente estudio aporta información relevante conducente a mejorar el entendimiento de la frecuencia de alimentación de *C. quadricarinatus*. Estudios posteriores deberán determinar el impacto de la productividad natural en la demanda alimenticia de la especie, así como analizar la composición proximal de los organismos que constituyen esta fuente nutrimental. Así como definir el impacto económico en la producción en estanques comerciales del incremento en la frecuencia de alimentación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Sonia Rocha y Dolores Rondero por la ayuda en los análisis químicos proximales. Sandra de La Paz y Francisco Encarnación técnicos de apoyo en el manejo y ali-

mentación de los acociles. Este estudio es parte del trabajo doctoral de Edilmar Cortés, becario del CONACyT (87195) y fue desarrollado dentro del Programa de Acuicultura del CIBNOR, financiado parcialmente por los proyectos CONACyT número 2888-1 y CIBNOR, PAC-23 "Optimización de la producción de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*" otorgados al Dr. Humberto Villarreal. Un profundo agradecimiento a la valiosa revisión y sugerencias de dos revisores anónimos.

REFERENCIAS

- AKIYAMA, D. M., DOMINY, W. G. e I. I. ADDISON. 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry. In: AKIYAMA D. M. y R. K. TAN (Eds.), *Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop*. September 19-25, 1991. American Soybean Association. Singapore, pp 80-98.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST). 1995. *Official Methods of Analysis*. AOAC, Inc., Washington, D.C. 1234 pp.
- ANSON, K. J. y D. B. ROUSE. 1994. Effects of salinity on hatching and post-hatch survival of the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 25(2): 277-280.
- ARAGÓN-NORIEGA, E. A. y A. E. CALDERÓN. 1997. Feasibility of intensive shrimp culture in Sinaloa, México. *World Aquaculture* 28(1): 64-65.
- BÁRBARO, J., HERNÁNDEZ I., GALINDO J., ÁLVAREZ S., PÉREZ M., FRAGA I. y E. PELEGRÍN. 1994. Optimización de la tabla de alimentación para el engorde de *Penaeus schmitti*. *Revista Investigaciones Marinas*, (15): 165-169.
- BARDACH, J. E., RYTHER, J. H. y W. O. MCLARNEY. 1982. *Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. AGT Editor, S.A. Mexico. 741 pp.
- BARKI, M. A., LEVI, T., SHREM, A. y I. KURPLUS. 1997. Ration and spatial distribution of feed affect survival, growth and competition in juvenile red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared in the laboratory. *Aquaculture* 148(2-3): 169-177.
- CLIFFORD, H. C. 1994. El manejo de estanques camaroneros. In: H. ZENDEJAS (Ed.) *Memorias del Seminario Internacional de Camaronicultura en México*. Camarón '94 Ralston-Purina, Mazatlán, Sin. México, pp 1-39
- CORTÉS, E. J. 1998. Frecuencia y distribución alimenticia en el cultivo intensivo de juveniles del camarón blanco *Penaeus vannamei*. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. México. 96 pp.
- CORTÉS, E. J., H. C. VILLARREAL y R. CIVERA. 2002. Production of juvenile redclaw in Mexico: effect of different protein levels. *Global Aquaculture Advocate* 5(2): 22-23.
- CRUZ-SUÁREZ, E., RICQUE-MARIE, D., TAPIA-SALAZAR, M. MARTÍN-SALDIVAR, L. F., GUAJARDO, B. C. NIETO-LÓPEZ, M. y A. SALINAS-MILLER. 2002., Historia y estatus actual de la digestibilidad y algunas caracte-

- terísticas fisicoquímicas de los alimentos comerciales para camarón usados en México. In: CRUZ-SUÁREZ, L. E., D. RICQUE-MARIE, M. TAPIA-SALAZAR, M. GAXIOLA-CORTÉS y G. N. SIMOES (Eds.). *Avances en nutrición acuícola VI Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3-6 Septiembre, 2002. Cancún, Q.R. México, pp. 1-22.
- CUZON, G., HEW, M., COGNIE, D. y P. SOLETCNIK. 1982. Time lag effect of feeding on growth of juvenile shrimp, *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, (29): 33-44.
- CHAMBERLAIN, G. W. 1996., Investigación de frontera en nutrición acuícola. En: MENDOZA, R., S. E. CRUZ y D. RICQUE (Eds.). *Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 7-9 Noviembre, 1994. Monterrey, N.L. México, pp 27-43.
- D'ABRAMO, L. y D. J. CASTELL. 1996. Metodología para la investigación nutricional. In: MENDOZA, R., S. E. CRUZ y D. RICQUE (Eds.). *Memorias del segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Monterrey, 7-9 Noviembre, 1994. Monterrey, N.L., México, pp. 103-121.
- D'ABRAMO, L. y S. D. J. SHEEN. 1996. Requerimientos nutricionales, formulación de dietas, y prácticas alimenticias para el cultivo intensivo del langostino de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. In: MENDOZA, R., S. E. CRUZ y D. RICQUE (Eds.). *Memorias del segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 7-9 Noviembre, 1994. Monterrey, N.L., México, pp 81-101.
- EVERSOLE, G. A. y W. R. McCLAIN. 2000. Crawfish culture. In: R. R. STICKNEY (Ed). *Encyclopedia of Aquaculture*. John Wiley & Sons. New York, USA, pp. 185-198.
- GARCÍA-GALANO, T., PÉREZ, J. G., GAXIOLA, G. y A. SÁNCHEZ. 2000. Efecto de la frecuencia de alimentación en la evaluación gástrica y crecimiento, en juveniles de róbalo blanco *Centropomus undecimalis* (Bloch). In: *Programa y Resúmenes del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 19-22 de Noviembre, Mérida, Yucatán, México, p 91.
- GAXIOLA, G., GÓMEZ, L. M., GARCÍA, T. J., GARCÍA-GALANO, T y A. SÁNCHEZ. 2000. Adaptación enzimática a tres frecuencias de alimentación en juveniles del róbalo *Centropomus undecimalis*. In: *Programa y Resúmenes del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 19-22 de Noviembre, Mérida, Yucatán, México. P. 90.
- GUILLAUME J. 1997. Protein and amino acids. In: D'ABRAMO, R. L., E. D. CONKLINAND y D. M. AKIYAMA (Eds.). *Crustacean nutrition. Advances in World Aquaculture Society*. Vol. 6. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, USA, pp 26-41.
- JONES, C. M. 1988. Aquaculture potential of *Cherax quadricarinatus*: Research objectives and preliminary results. In: L. H. EVANS y D. O'SULLIVAN (Eds.). *Proceedings First Australian Shellfish Aquaculture Conference*, Curtin University of Technology, Perth, Australia, pp. 73-78.
- JONES, C. y I. M. RUSCOE. 1996. Production technology for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Freshwater Fisheries & Aquaculture Centre. Walkamin, Australia. 155 p.
- JONES, C. y I. M. RUSCOE. 2000. Assessment of stocking size density in the production of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae), cultured under earthen pond conditions. *Aquaculture* (189) 63-71.
- JOVER, M., FERNÁNDEZ-CARMONA, J. DEL RÍO, M. C. y M. SOLER. 1999. Effect of feeding cooked-extruded diets, containing different levels of protein, lipid and carbohydrate on growth of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Aquaculture* (178) 127-137.
- JUSSILA, J. 1997. Physiological responses of Astacid and Parastacid crayfishes (Crustacea: Decapoda) to conditions of intensive culture. Kuopio University Publications C. Natural and Environmental Sciences. Perth, Western Australia, 136 p.
- JUSSILA J. y H. L. EVANS, 1998. Growth and condition of marron *Cherax tenuimanus* fed pelleted diets of different stability. *Aquaculture Nutrition* 4(3):143-149.
- HERNÁNDEZ, V. M. P., ROUSE, D.B., OLVERA, N. M.A. y A. DAVIS. 2000. Effect of lipid levels variation in diets for growth of juveniles crayfish *Cherax quadricarinatus*. In: *Programa y Resúmenes del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 19-22 de Noviembre, Mérida, Yucatán, México, p. 54.
- HOSSAIN, R. A., G.S. HAYLOR y M.C. BEVERIDGE. 2001. Effect of feeding time and frequency on the growth and fed utilization of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fingerlings. *Aquaculture Research* 32(4): 999-1004.
- HUNER, J. V. 2002. *Procambarus*. In: M. D. HOLDICH (Ed.). *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science. London, United Kingdom, pp 541-584.
- KANAZAWA, A. 1992. Recent advances in penaeid nutrition in Japan. In: ALLAN, G y W. DALL (Eds.). *Proceedings Aquaculture Nutrition Workshop*, Salamander Bay, 15-17 April 1991. NSW Fisheries, Brackish Water Fish Culture Research Station, Salamander Bay, Australia, pp. 64-71
- KING, C. R. 1994. Growth and survival of redclaw crayfish hatchlings (*Cherax quadricarinatus* von Martens) in relation to temperature, with comments on the relative suitability of *Cherax quadricarinatus* and *Cherax destructor* for culture in Queensland. *Aquaculture*, (122): 75-80.
- LAWRENCE, C. y C. JONES. 2002. *Cherax*. In: M. D. HOLDICH (Ed.). *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, London, United Kingdom, pp 635-669
- LÓPEZ, L. S. NOLASCO, S. H. y C. H. VILLARREAL. 2002. Effect of different ingredients on the digestive enzyme activity in juvenile of the Australian freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). In: ENGLE, C. y B. HART (Eds.). *Aquaculture America 2002*. World Aquaculture Society, January, 27-30. San Diego, California. USA. Book of abstracts, p 190.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R. 1998. Comportamiento y manejo ecológico de estanques de cultivo de camarón con bajo recambio de agua. Tesis

- de Doctorado en Ciencias. Programa de Posgrado. CIBNOR, S.C. México. 78 pp.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L., PORCHAS-CORNEJO, M., VILLARREAL-COLMENARES, H., J. A. CALDERÓN-PÉREZ y J. NARANJO-PÁRAMO. 1998. Evaluation of three feeding strategies on the culture of white shrimp *Penaeus vannamei* Boone 1931 in low water exchange ponds. *Aquaculture Engineering* (17): 21-28.
- MEADE, M. E. y S. A. WATTS. 1995. Weight gain and survival of juvenile Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* fed formulated feeds. *Journal of the World Aquaculture Society* 26 (4): 469-474.
- NARANJO, J., H. C. VILLARREAL y J. E. CORTÉS. 2000. Efecto del nivel de aireación en el desarrollo de *Cherax quadricarinatus*, en estanques recubiertos con plásticos. In: VILLARREAL, C., CORTÉS E. y J. NARANJO (Eds.). *Evaluación del potencial de bi-cultivo agrícola/acuícola como una estrategia de eficiencia productiva, fase 1: optimización del cultivo intensivo de la langosta de agua dulce Australiana Cherax quadricarinatus*. Informe parcial. Red Mexicana de Acuicultura. CIBNOR. La Paz, B.C.S. México, pp. 114-130.
- NOESKE, T. A., R. E. SPIELER, N. C. PARKER y M. A. SUTTLE. 1985. Feeding time differentially affects fattening and growth of channel catfish. *Journal of Nutrition* (115): 1228-1232.
- REIGH, R. C., BRADEN, S. L. y R. J. LAPRARIE. 1993. Substitution of soybean protein for fish protein in formulated diets for red swamp *Procambarus clarkii*. *Journal of the World Aquaculture Society* 26(3): 329-338.
- REIGH, R. C. y S. C. ELLIS. 1994. Utilization of animal-protein and plant-protein supplements by red swamp crayfish *Procambarus clarkii* fed formulated diets. *Journal of the World Aquaculture Society* 25(4): 541-552.
- ROBERTSON, L., ADDISON, L. L. y F. L. CASTILLE. 1992. Effect of feeding frequency and feeding time on growth of *Penaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture and Fisheries Management* (24): 1-6.
- SMITH, D. M., BURFORD, M. A., TABRETT, S. J., IRVIN, S. J. y L. WARD. 2002. The effect of feeding frequency on water quality and growth of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) *Aquaculture* (207): 125-136.
- SHIAU S. Y. 1998. Nutrient requirements of penaeid shrimps. *Aquaculture* (164): 77-93.
- SOKAL, R. R. y F. J. ROHLF. 1995. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 3rd ed., W. H. Freeman & Co., San Francisco. 887 pp.
- TACON, A. G. 1990. *Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp*. Vol. 3. Feeding methods. Argent Laboratories Press, Redmond, Washington, USA, 208 pp.
- TACON, A. G. J. 1996. Nutritional studies in crustaceans and the problems of applying research findings to practical farming systems. *Aquaculture Nutrition* 2(1): 165-174.
- TACON, A. G. y I. P. FORSTER. 2000. Trends and challenges to aquaculture and aquafeed development in the new millennium. In: CRUZ-SUÁREZ, L. E., D. RICQUE-MARIE, M. TAPIA-SALAZAR, M. A. OLVERA-NOVOA y R. CIVERA-CERECEDO (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 19-22 de Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México. pp. 1-12.
- TIDWEL, J. T., WEBSTER, C. D., SELACEK, J. D. WESTON, P. A., KINIGHT, W. L., HILL, S. J. JR. D'ABRAMO, L. R. DANIELS, W. H., FULLER, J. J. y M. J. LABRENTY. 1995. Effects of complete and supplemental diets and organic pond fertilization on production of *Macrobrachium rosenbergii* and associated benthic macroinvertebrate populations. *Aquaculture* (138): 169-180.
- VELASCO, M., LAWRENCE, A. L. y F. L. CASTILLE. 1999. Effect of variation in daily feeding frequency and ration size on growth of shrimp, *Litopenaeus vannamei*. (Boone), in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture* (179):142-148.
- VILLARREAL, H. 1989. Feeding, growth and energetics of the freshwater crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith) with special emphasis on its potential for commercial culture. Ph.D. Thesis, Department of Zoology. University of Queensland. Australia, 249 p.
- VILLARREAL, H. 1995. Utilización de la langostilla en la acuicultura. In: AURIOL-GAMBOA y E. F. BALART (Eds.). *La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S. México, pp. 179-191.
- VILLARREAL, H. y J. PELÁEZ. 1999. *Biología y cultivo de langosta de agua dulce, Cherax quadricarinatus*. *Manual de Producción*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. y Acuacultivos Santo Domingo. La Paz, B.C.S. México, 188 pp.
- VILLARREAL, H. 2000. El cultivo de la langosta de agua dulce. Una oportunidad para la diversificación acuícola. In: BONILLA, Z. y I. BURCIAGA (Eds.). *Memorias III Simposium Internacional de Acuicultura*. 5-7 de Octubre, 2000. Culiacán, Sinaloa. México. pp 110-135.
- WEBSTER, C. D., GOODGAME-TIU, L. S., TIDWELL, J. H. y D. B. ROUSE. 1994. Evaluation of practical feed formulations with different protein levels for juvenile red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Transactions of the Kentucky Academy of Sciences* (55): 108-112.
- WYBAN A. J. y N. J. SWEENEY. 1989. Intensive shrimp growth trials in a round pond. *Aquaculture* (76): 215-225.
- ZERTUCHE, J. L. 2000. Visión y retos de Tamaulipas. Plan Estatal de Desarrollo 1999-2004. In: BONILLA, Z. y I. BURCIAGA (Eds.). *Memorias III Simposium Internacional de Acuicultura*. 5-7 de Octubre, 2000. Culiacán, Sinaloa. México, pp 146-158.

Recibido: 6 de julio de 2002.

Aceptado: 1 de febrero de 2003.