

117



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EFFECTO DEL NIVEL DE LIPIDOS EN EL DESARROLLO DE JUVENILES DE LANGOSTA DE AGUA DULCE Cherax quadricarinatus (VON MARTENS, 1868)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G A
P R E S E N T A :
NILDA MARGARITA KIEWEK MARTINEZ

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. EDILMAR CORTES JACINTO



2002



TESIS CON FALLO DE ORIGEN

FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA

Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunico a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Efecto del Nivel de
Lípidos en el Desarrollo de Juveniles de Langosta de Agua
Dulce Cherax quadricarinatus (Von Martens, 1868)".
realizado por Nilda Margarita Kiewek Martínez

con número de cuenta 9650443-7, quién cubrió los créditos de la carrera de: **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis M. en C. Edilmar Cortés Jacinto
Propietario

Propietario Dr. Vicente Gracia López

Propietario Dra. Ruth Cecilia Vanegas Pérez

Suplente Dr. Manuel Miranda Anaya

Suplente Dr. José Román Latournerie Cervera

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología


DR. EBERTO NOVELO MALDONADO



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

A mi madre Nilda Martínez, por tu apoyo
constante e incondicional.

¡Gracias por todo!

A mi Padre Juan Manuel Kiewek, por respetar mis decisiones y apoyarme en mi camino.

A mi abuela Nilda. ¡Eres lo mejor! Por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo.

A mi hermana Cristina, gracias por haberme ayudado en el mantenimiento de las langostas durante tus vacaciones y por venir a traernos felicidad a La Paz. ¡Te quiero!

A mis hermanas, Ale y Marce. Mis sobrinos, Santiago, Renatta y Sofia. Y sus papas Carlos y Salvador.

Y sobre todo a ti Vinny, por apoyarme en todo lo de la tesis, por tus consejos. Por ser mi pareja y por amarme.

¡A todos Gracias!

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) en La Paz, B.C.S., por haberme brindado la oportunidad de realizar este estudio.

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Y a todos los maestros que me enseñaron biología durante la carrera.

Al Dr. Humberto Villarreal Colmenares, por haberme dado un lugar en su proyecto de acuicultura y además haberme otorgado la beca alimenticia.

Al MC. Edilmar Cortés Jacinto, por haber realizado esta experiencia junto conmigo y por ser un buen amigo.

A todas las personas del centro que me apoyaron durante la etapa experimental; Ismael, Francisco, Sandra, Laura, Chelita y Marcelo.

Al Dr. Roberto Civera y a Ernesto Goytortua, por ayudarme con la formulación de las dietas experimentales y por contestar todas mis preguntas.

A mis amigas, Ale, Mariana, Densse y Alicia. A Carlos y Mayra, por ser grandes amigos y ayudarme siempre.

CONTENIDO

1. RESUMEN.....	10
2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	11
2.1. Generalidades.....	14
2.2. Ubicación taxonómica de <i>C. quadricarinatus</i>	15
2.3. Especies comerciales de langostas de agua dulce en Australia	15
2.4. Principales ventajas Biológicas de <i>C. quadricarinatus</i> para la acuicultura.....	16
2.5. Descripción morfológica general de la langosta de agua dulce <i>C. quadricarinatus</i>	16
2.6. Ciclo de vida de la langosta de agua dulce <i>C. quadricarinatus</i>	18
2.7. Hábitos alimentarios y de conducta.....	19
2.8. Parámetros de calidad de agua.....	20
2.8.1. Amonio y Nitritos.....	20
2.8.2. Temperatura.....	21
2.8.3. Potencial de Hidrógeno (pH).....	21
2.9. Nutrición.....	21
2.9.1. Requerimientos nutrimentales.....	22
2.9.2. Proteínas.....	22
2.9.3. Lípidos.....	24
2.9.4. Carbohidratos.....	25
2.9.5. Fibra.....	26
2.9.6. Vitaminas.....	26
2.9.7. Minerales.....	27
2.9.7.1. Calcio.....	27
2.9.7.2. Fósforo (P).....	28
2.9.7.3. Magnesio (Mg).....	28
2.10. Ingredientes utilizados en la manufactura de dietas prácticas.....	29
2.10.1. Harina de Pescado.....	29
2.10.2. Harina de Soya.....	30
2.10.3. Harina y subproductos de Trigo.....	30
2.10.4. Harina de calamar.....	30

3. OBJETIVOS	32
3.1. Objetivo general	32
3.2. Objetivos específicos	32
4. MATERIALES Y MÉTODOS	33
4.1. Descripción del área de cultivo experimental	33
4.2. Elaboración de las dietas	35
4.3. Organismos experimentales	38
4.4. Condiciones experimentales	39
4.5. Respuestas Evaluadas	39
4.5.1. <i>Análisis Bioquímicos proximales de músculo y hepatopáncreas.</i>	39
4.6. Análisis de las Dietas Experimentales	40
4.7. Análisis Estadístico	40
4.8. Respuestas Evaluadas	41
5. RESULTADOS	43
5.1. Calidad de Agua	43
5.2. Composición de las dietas experimentales	44
5.3. Supervivencia	44
5.4. Crecimiento	45
5.4.1. <i>Peso</i>	45
5.4.2. <i>Talla</i>	47
5.4.3. <i>Tasa de crecimiento absoluto (TCA) y Tasa de crecimiento específico (TCE)</i>	48
5.5. Factor de Conversión del Alimento (FCA)	49
5.6. Tasa de eficiencia Proteica (PER)	49
5.7. Análisis bioquímicos	50

6. DISCUSIÓN	53
6.1. Calidad de agua.....	53
6.2. Supervivencia	53
6.3. Crecimiento.....	54
6.4. Requerimientos Nutrimientales.....	58
6.5. Análisis bioquímicos	59
7. CONCLUSIÓN	61
8. LITERATURA CITADA.....	62
ANEXO I.....	75
Biología de <i>C. quadricarinatus</i>	75
1. <i>Cefalotórax</i>	75
2. <i>Abdomen</i>	76
3. <i>Anatomía funcional</i>	77
ANEXO II.....	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos de aminoácidos esenciales (como porcentaje de proteína) para el langostino (<i>Macrobrachium sp.</i>), el camarón (<i>Litopenaeus sp.</i>) y langosta de agua dulce (<i>C. tenuimanus</i>). Adaptado de Villarreal y Peláez (1999) y Tsvetnenko <i>et. al.</i> (1995).	23
Tabla 2. Macro y micro ingredientes utilizados en la formulación de las dietas experimentales para juveniles de <i>C. quadricarinatus</i>	36
Tabla 3. Composición porcentual de las dietas experimentales.	37
Tabla 4. Composición de la Premezcla de Vitaminas, Conklin (1998).	37
Tabla 5. Composición de la premezcla de minerales, CIB (1993).	38
Tabla 6. Parámetros de calidad de agua durante el desarrollo experimental.....	43
Tabla 7. Contenido porcentual de proteína, lípidos, energía, fibra y cenizas en las dietas experimentales.	44
Tabla 8. Parámetros de producción de juveniles de la langosta de agua dulce, <i>Cherax quadricarinatus</i> con diferentes dietas durante 56 días de cultivo experimental.	46
Tabla 9. Resultados bioquímicos de la composición de músculo y hepatopáncreas de juveniles de <i>C. quadricarinatus</i> después de 56 días de cultivo.	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista ventral de una langosta adulta de agua dulce <i>C. quadricarinatus</i>	17
Figura 2. Vista dorsal de una langosta de agua dulce adulta <i>C. quadricarinatus</i>	17
Figura 3. Ciclo de vida de la langosta de agua dulce <i>C. quadricarinatus</i>	19
Figura 4. Sistema de cultivo experimental de langostas de agua dulce <i>Cherax quadricarinatus</i>	34
Figura 5. Juveniles de <i>C. quadricarinatus</i> empleados durante la etapa experimental.	34
Figura 6. Diagrama del Sistema de cultivo experimental.....	35
Figura 7. Supervivencia de juveniles de <i>C. quadricarinatus</i> durante 56 días de cultivo experimental.	45
Figura 8. Crecimiento en peso en juveniles de la langosta de agua dulce, <i>C. quadricarinatus</i> durante 56 días de cultivo experimental.....	47
Figura 9. Tasa de crecimiento específica de juveniles de <i>C. quadricarinatus</i> durante 56 días de cultivo experimental.	49
Figura 10. Concentración de carbohidratos, lípidos totales y proteína total en hepatopáncreas de juveniles de <i>Cherax quadricarinatus</i>	52
Figura 11. Concentración de carbohidratos, lípidos totales y proteína total en músculo de juveniles de <i>Cherax quadricarinatus</i>	52

1. RESUMEN

Se realizó una evaluación experimental en el Laboratorio de nutrición del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), en La Paz, B.C.S. México. El objetivo fue el de analizar los efectos de diferentes niveles de lípidos en dietas semi-purificadas sobre juveniles de *Cherax quadricarinatus*. Grupos cuadruplicados de juveniles de langostas de agua dulce fueron alimentados con tres dietas compuestas experimentales con 31 % de concentración de proteína y tres niveles de lípidos 4 (L4), 8 (L8) y 12 (L12) %. Durante 56 días los organismos fueron mantenidos en 12 acuarios de fibra de vidrio con volumen de 40 l. El efecto de los niveles de lípidos en el crecimiento de juveniles de *C. quadricarinatus* se evaluó mediante los siguientes parámetros: Supervivencia (%), crecimiento (g), tasa de crecimiento absoluta (g/día) y tasa de crecimiento específica (%/día), factor de conversión del alimento (FCA) y tasa de eficiencia proteica (PER). Los organismos experimentales presentaron un rango de supervivencia entre el 94 y 95 %. El mayor peso promedio fue el obtenido por los organismos alimentados con el tratamiento L8 y L12 con valores de 6.44 ± 2.17 g y 6.10 ± 2.05 g, respectivamente, presentando una diferencia significativa mayor al ser comparados con los organismos alimentados con el tratamiento L4. El presente estudio contribuye a aumentar el conocimiento sobre la nutrición lipídica en la especie estudiada. Estos resultados pueden aplicarse a la formulación de dietas prácticas para obtener un crecimiento óptimo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, en condiciones de cultivo controladas.

2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El éxito de la industria acuícola se basa en la selección de especies apropiadas para su utilización comercial. La langosta de agua dulce (Redclaw) del género *Cherax* ha tenido un interés considerable en los últimos quince años entre los productores acuícolas en México (Cortés *et al.*, 2002). Es una especie omnívora de origen Australiano, que posee una alta tasa de crecimiento, un alto potencial reproductivo, con requerimientos nutrimentales simples, gran resistencia al manejo y a enfermedades potenciales (Meade y Watts 1995; Martínez, 1995; Hutchings, 1996; Villarreal y Peláez, 1999; Campaña, 2001).

La langosta de agua dulce (Redclaw) es el acocil (Crayfish) Australiano que recientemente se ha incorporado al sistema productivo acuícola en México. En 1985 los resultados de producción de juveniles evidenciaron niveles superiores al cultivo de la langosta de agua dulce Marrón (*Cherax tenuimanus*), en términos de crecimiento y sobrevivencia, por lo que *Cherax quadricarinatus* se consideró como una especie con alto potencial para el cultivo comercial. Por otro lado, dadas las características de la especie, el canibalismo no representa un problema económico para el cultivo comercial. Tasas de sobrevivencia alrededor del 70 % se obtuvieron rutinariamente en periodos cortos de engorda. Estos y otros factores, como la aceptación en el mercado, la alta velocidad de crecimiento y el alto potencial reproductivo de la especie son características favorables para su cultivo, por lo que ha generado un gran interés durante los últimos quince años (Villarreal y Peláez, 1999; Naranjo, 1999).

La langosta de agua dulce *C. quadricarinatus* se distribuye en la región tropical del Noreste de Australia (Jones, 1990), tiene un amplio rango geográfico de desarrollo y su cultivo se puede llevar a cabo en regiones tropicales alrededor del mundo, donde este presente el recurso agua (Jones y Rouscoe, 1996).

Más de 15 países han importado juveniles de *C. quadricarinatus* para evaluar su potencial para el cultivo comercial: Argentina, Costa Rica, España, Israel, Paraguay, Taiwán, Belice, Cuba, Guatemala, Malasia, Sudáfrica, Estados Unidos, China, Ecuador, Indonesia, México, Tailandia y Zimbabwe (Villarreal y Peláez, 1999).

En 1860, se distribuyó por Europa una plaga (*Aphanomyces astaci*) que atacó a las langostas de agua dulce, esta plaga provenía de especies acuacultivadas en Estados Unidos. Hoy en día esta plaga se encuentra erradicada (Ackefors 1998) produciendo un aumento de la importación de *C. quadricarinatus* (Jones y Ruscoe 1996). Esta especie actualmente no tiene patógenos de importancia comercial (Cortés, 2001).

A la fecha, la investigación relacionada con la biología básica del género *Cherax* ha sido limitada. Morrissy (1989) y Villarreal (1989), reportaron avances relacionados con la reproducción y los requerimientos nutrimentales de *C. tenuimanus*. Actualmente se dispone de poca información cuantitativa de los requerimientos energéticos de muchas de las especies cultivadas, por lo que se sugiere más investigación en esta área de la nutrición acuícola (Rodríguez, 2000). La nutrición de la langosta de agua dulce, se encuentra basada en especies de Cambaridos (*Procambarus clarkii*), Astacidos (*Astacus astacus*), en estudios acerca del langostino (*Macrobrachium rosenbergii*), la langosta marina (*Homarus americanus*), y especies de Peneidos (*Penaeus monodon*, *P. Japonicus* y *Litopenaeus vannamei*) que son los que constituyen la mayor información en cuanto a la nutrición de Decápodos (Jones, 1995; Shiau, 1998).

Bordner *et al.* (1986), indican que el uso de dietas purificadas ocasiona un mejor crecimiento y sobrevivencia en el desarrollo larvario de la langosta marina *H. americanus*. Por otro lado, Villarreal (1991), menciona en trabajos con *C. tenuimanus* que es más importante utilizar alimento variado que una alta cantidad de proteína. Assaf *et al.* (1997), indican que la ración alimenticia es de suma importancia, ya que afecta directamente el crecimiento y la sobrevivencia en juveniles de *C. quadricarinatus*. Deering *et al.* (1997),

indican en estudios con *P. monodon* que los lípidos incluidos en una dieta, son una fuente de energía concentrada que proveerá componentes dietarios esenciales, los cuales incluyen a los ácidos grasos esenciales, fosfolípidos, colesterol y vitaminas. Sin embargo el ciclo de vida, los hábitos alimentarios y tolerancia a diferentes ambientes de *C. quadricarinatus* limitan la transferencia de información a esta especie (Jones, 1995).

La industria acuícola tiende hacia la intensificación por lo que es muy importante el estudio de las dietas experimentales (Jones y Rouscoe, 1996). En el cultivo intensivo y semi-intensivo, la productividad es dependiente de las dietas comerciales, y el 50 % de los nutrientes se derivan del alimento peletizado (Jussila y Evans 1998).

2.1. Generalidades

En las últimas dos décadas la producción de alimento para la acuicultura ha sido mantenida en función del uso de harinas y aceites de pescado, como fuente principal de proteína y de lípidos, lo que ha llevado a la búsqueda de fuentes alternativas de estos insumos debido a que la industria pesquera se encuentra en crisis (Tacon, 2000). Por esto, es importante que en una dieta balanceada se utilicen fuentes alternativas de proteína animal (langostilla, calamar, camarón) y vegetal (sorgo, soya, trigo), además de lecitina de soya como aportación de lípidos (Cortés, *com. pers.*, 2001).

En la formulación de dietas es importante tener el nivel de proteína óptimo, ya que este nutriente representa un alto costo en la producción de alimentos (Jones 1996 a; Lee, 2000). Las dietas comerciales son generalmente el mayor insumo en el cultivo de crustáceos y peces (Yousif, 1996), pueden contribuir hasta el 55 % del costo total de la operación dependiendo de la especie y los métodos de producción (Villarreal, 1995; Jones, 1996 b; Sheen, 1996). Los insumos que con mayor frecuencia se utilizan son los derivados de fuentes de animales como el pescado, el camarón, la almeja, el calamar y carne. Y en menor proporción los que son derivados de fuentes vegetales (Jones, 1996 c). Adicionalmente, el alimento peletizado para los crustáceos debe de ser estable en el agua por lo que requiere de ligadores, adecuados (grentina, agar, carragenina).

Por otro lado, es importante identificar las condiciones nutrimentales y ambientales que puedan maximizar la utilización de la energía por la langosta de agua dulce esto resultará en un beneficio para la especie en cultivo (Villarreal, 1988). Cuzón (1994), indica que la calidad del alimento en los últimos años ha sido cuestionada debido a que se presentan problemas con la calidad del agua, un bajo rendimiento de los animales, una alta mortalidad y mala pigmentación.

2.2. Ubicación taxonómica de *C. quadricarinatus* de acuerdo a Hobbs (1989):

REINO	Animal
PHYLUM	Arthropoda
SUBPHYLUM	Crustacea
CLASE	Malacostraca
SUPERORDEN	Eucarida
ORDEN	Decapoda
SUBORDEN	Macrura Repantia (Bouvier, 1917)
INFRAORDEN	Astacidea (Latreille, 1802)
SUPERFAMILIA	Parastacoidea (Huxley, 1879)
FAMILIA	Parastacidae (Huxley, 1879)
GÉNERO	<i>Cherax</i> (Erichson, 1846)
ESPECIE	<i>quadricarinatus</i> (Von Martens 1868)

2.3. Especies comerciales de langostas de agua dulce en Australia

La mayor diversidad de la familia Parastacidae esta en Australia, con 10 de los 14 géneros identificados. Los parastacidos Australianos se encuentran representados por tres géneros; *Cherax* (Erichson 1846), *Engaeus* (Erichson, 1846) y *Euastacus* (Clark, 1936) (Austin, 1995 a). Dentro del género *Cherax* quince especies han sido descritas (Austin, 1995 b).

Actualmente, existen tres especies Australianas de langosta de agua dulce que son cultivadas comercialmente alrededor de todo el mundo; *C. tenuimanus* (Marron), *C. destructor* (Yabbie) y *C. quadricarinatus* (Redclaw) (Semple, 1995). De estas tres especies, la Marron es la que alcanza la mayor talla, pero es la que requiere condiciones ambientales específicas para su desarrollo, además de un largo periodo para alcanzar su madurez sexual (Mills, 1983).

2.4. Principales ventajas Biológicas de *C. quadricarinatus* para la acuicultura

Esta especie ha evolucionado para sobrevivir en condiciones adversas y su adaptabilidad ecológica es de gran significado para la acuicultura. Por lo que, en condiciones controladas, *C. quadricarinatus* ha resultado ser una especie de excelente rendimiento (Villarreal y Peláez, 1999). A continuación se presentan las principales características biológicas ideales para la acuicultura, son indicadas por: Meade y Watts (1995); Jones y Ruscoe (1996) y Villarreal y Peláez (1999):

- Rápido crecimiento
- Ciclo de vida simple, (no presenta estadios larvarios)
- Fácil reproducción
- No tiene problemas significativos de enfermedades (presenta una resistencia natural)
- Es fisiológicamente robusto, (puede sobrevivir por periodos cortos de tiempo en agua con bajos niveles de oxígeno disuelto o temperaturas extremas)
- Dieta simple (es omnívoro y puede alimentarse de alimento originado en los estanques)
- No excava agujeros para su protección

2.5. Descripción morfológica general de la langosta de agua dulce *C. quadricarinatus*

La langosta de agua dulce alcanza un peso de 300 g y una longitud total de 219 mm. El color del exoesqueleto generalmente es verde- azulado. Puede ser diferenciada de las otras especies del mismo género ya que en los machos se presenta una membrana descalcificada de color rojo en la parte externa de la quela (figura 1), de esta se deriva su nombre común quela roja. Las diferencias morfológicas entre hembras y machos son fácilmente distinguibles, ya que la quela del macho adulto (> 20 g de peso) es

relativamente más grande (Figura 2) (Villarreal y Peláez, 1999; Naranjo 1999). En la langosta, el abdomen contiene una gran proporción del total del músculo disponible (Jones, 1990; Villarreal y Peláez, 1999). El total de músculo en la cola de la langosta de agua dulce es aproximadamente un 22 % de su peso total (Huner, 1995).

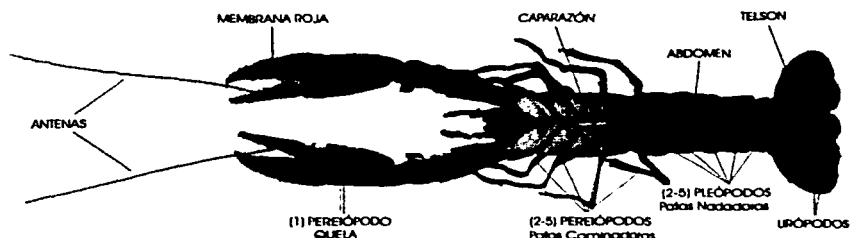


Figura 1. Vista ventral de una langosta adulta de agua dulce *C. quadricarinatus*.



Figura 2. Vista dorsal de una langosta de agua dulce adulta *C. quadricarinatus*.

2.6. Ciclo de vida de la langosta de agua dulce *C. quadricarinatus*

El ciclo de vida de *C. quadricarinatus* es una ventaja adaptativa significativa con respecto a otros crustáceos (Figura 3). Un factor fundamental, es la ausencia de estadios larvales libres, todo el desarrollo embrionario ocurre dentro del huevo. Esto resulta en una facilidad de reproducción, al contrario de lo que ocurre con los peneidos, los cuales tienen que ser inducidos para el desove por medio de una dieta especial o por el corte del pedúnculo ocular (ablación). Todo esto hace a esta especie muy atractiva para el cultivo comercial (Villarreal y Peláez, 1999).

En las poblaciones naturales, la maduración del ovario coincide con el incremento de la temperatura (16 - 21 °C) y del fotoperiodo (de 11 a 14 horas luz) (Jones, 1990). La época de desoves puede abarcar de 6 a 12 meses (Jones, 1990). Además, presenta desoves continuos siempre y cuando las temperaturas se encuentren entre los 21 y 30 °C (Naranjo, 1999). Por otro lado, no requiere de un proceso de muda previo al apareamiento, como sucede en el caso de los langostinos y camarones (Naranjo, 1999).

La fecundidad varía con el tamaño de la hembra, oscilando de 100 a 300 huevos para una hembra de un año de edad (70 - 90 g), a más de 1000 para hembras de mayor talla (Jones 1990)

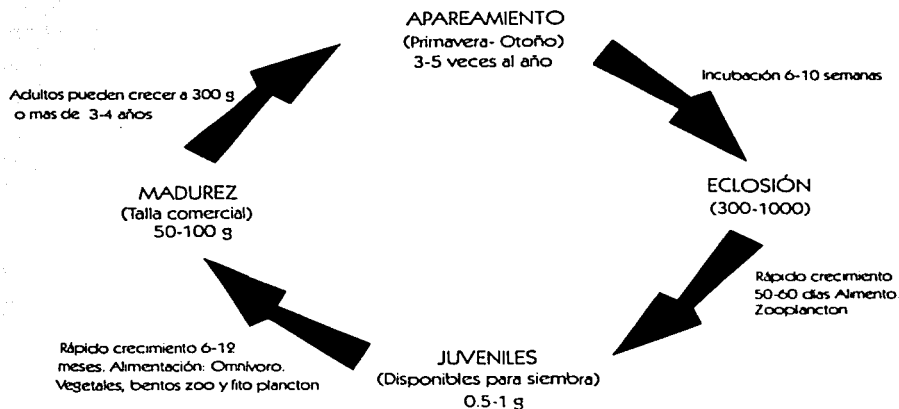


Figura 3. Ciclo de vida de la langosta de agua dulce *C. quadricarinatus*.

2.7. Hábitos alimentarios y de conducta.

La información respecto al contenido estomacal de los Parastácidos ha sido limitada, así como la fuente principal de nutrientes utilizada por las langostas de agua dulce. Descripciones generales para *C. albidus* (Clark 1936), *Parastacoides tasmanicus* (Erichson 1946), *Engaeus cisternarius* (Horwitz, 1990), *Engaeus fossor* (Horwitz, 1990) y *C. destructor* (Clark 1936), indican que los parastácidos en el medio ambiente natural son omnívoros oportunistas, que se alimentan principalmente de detritos de fondo, derivados principalmente de vegetales, donde los fragmentos de hojas son predominantes, así como raíces y microalgas (diatomeas y *Chlorella sp.*) que aportan una fuente de carotenoides (Naranjo 1999). Adicionalmente, se ha encontrado tejido de otros animales (cladóceros, copépodos, larvas de insectos y microphytas en menor proporción) (O'Brien 1995).

2.8. Parámetros de calidad de agua

La calidad del agua es de importancia crítica en el cultivo de cualquier especie. La falta de control sobre una o más de estas variables, puede resultar en fracasos productivos. Los parámetros más significativos son:

- Oxígeno disuelto
- Amonio y nitritos
- Temperatura
- pH
- Salinidad

Es importante tener niveles de oxígeno disuelto óptimos, ya que si se llegara a presentar un nivel bajo, puede existir una reducción de crecimiento y un efecto negativo en la reproducción. Mortalidades masivas pueden presentarse si estas condiciones adversas se mantienen por periodos prolongados (Hutchings, 1996; Villarreal y Peláez, 1999; Correia, 2000).

2.8.1. Amonio y Nitritos

La langosta de agua dulce, es resistente a altos niveles de amonio y nitritos por periodos cortos, como estrategia de manejo estos niveles no deberán exceder 1 mg/l. Los niveles excesivos de NH_3 y NO_2 generalmente se reducen con el recambio del agua y el aumento de aireación, la cual acelera la descomposición de estos compuestos (Villarreal y Peláez, 1999).

2.8.2. Temperatura

La temperatura, es un factor crítico para el cultivo de especies acuáticas, ya que los procesos bioquímicos y fisiológicos son directamente dependientes de este parámetro (Correia, 2000). El intervalo de temperatura en el que se presenta la máxima tasa de crecimiento para la langosta de agua dulce es de 23 - 32° C (Villarreal y Peláez, 1999).

2.8.3. Potencial de Hidrógeno (pH)

El valor del pH en estanques de cultivo de *C. quadricarinatus* es menos crítico que en otras especies. La langosta crece y se reproduce en un intervalo de pH muy amplio. En general la producción de esta especie es más eficiente en aguas duras (alto contenido de minerales). Generalmente valores de 7.5 - 8.5, son considerados ideales para la engorda de langostas de agua dulce (Villarreal y Peláez, 1999).

2.9. Nutrición

Actualmente, las dietas formuladas para crustáceos se basan en los requerimientos definidos para vertebrados, la intuición y el uso de "factores de crecimiento" de origen desconocido. Existen aproximadamente 40 nutrientes esenciales necesarios para los crustáceos, estos incluyen a los aminoácidos, los ácidos grasos, la energía, las vitaminas y los minerales. El uso de alimentos suplementarios puede incrementar los rendimientos. Sin embargo, para lograr esto, las raciones balanceadas deben ser adecuadas nutricionalmente para la especie (Huner, 1979; Hutchings, 1996; Villarreal y Peláez, 1999).

2.9.1. Requerimientos nutrimentales

La fuente de energía de una dieta son las proteínas, los lípidos y los carbohidratos. Se ha comprobado que los peces y los crustáceos utilizan preferentemente las proteínas como fuente de energía, por lo que se recomienda utilizar en las dietas formuladas carbohidratos altamente digeribles con el objeto de optimizar el nivel proteico en las dietas balanceadas y de esta forma minimizar el costo de los alimentos (Guillaume, 1997; Rodríguez, 2000).

3.9.2. Proteínas

Las proteínas, son nutrientes indispensables para la estructura y funcionamiento de todos los organismos vivos. Estas se encuentran compuestas de algunos de los 20 aminoácidos (aa) esenciales (Shiau, 1998). La concentración de aa libres en los crustáceos es varias veces más alta que en el tejido de los vertebrados (Tabla 1). Existen 10 aminoácidos que pueden considerarse esenciales para la langosta de agua dulce: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, y valina. Éstos se deben obtener de la productividad natural del estanque o de las raciones balanceadas suplementadas (Villarreal y Peláez, 1999).

Tabla 1. Requerimientos de aminoácidos esenciales (como porcentaje de proteína) para el langostino (*Macrobrachium sp.*), el camarón (*Litopenaeus sp.*) y langosta de agua dulce (*C. tenuimanus*). Adaptado de Villarreal y Peláez (1999) y Tsvetnenko *et. al.* (1995).

Aminoácido Esencial	REQUERIMIENTO ESPECÍFICO		
	<i>Macrobrachium sp.</i> (%)	<i>C. tenuimanus</i> (%)	<i>Litopenaeus sp.</i> (%)
Arginina	4.9	11.0	5.8
Histidina	1.9	2.1	2.1
Isoleucina	2.9	3.7	3.5
Leucina	5.0	6.3	5.4
Lisina	5.7	6.7	5.3
Metionina	2.3	1.9	2.4
Metionina – Cisteina	-	-	3.6
Fenilalanina	3.7	3.6	4.0
Fenilalanina – Tirosina	-	-	7.1
Treonina	2.8	3.6	3.6
Triptofano	-	-	0.8
Valina	2.5	4.1	4.0

Las proteínas son continuamente utilizadas por los animales para el crecimiento y la reparación de los tejidos. Debido a esto, la inclusión de proteínas o sus componentes (aminoácidos) en las dietas experimentales es necesaria para una dieta balanceada (Shiau, 1998).

Los estudios sobre requerimientos proteicos, correlacionan las propiedades nutritivas de las proteínas, su contenido y composición de aminoácidos que se encuentra estrechamente relacionado con las proporciones encontradas en el tejido muscular (Kanazawa, 1992; Tacon y Akiyama, 1997; D' Abramo, 2000). Por lo tanto, para obtener la mayor tasa de crecimiento en especies acuacultivadas, deben de ser agregadas fuentes proteicas y de aminoácidos en niveles apropiados (D' Abramo, 2000).

La optimización de los niveles de proteína : energía (P:E) y lípido : carbohidrato (L:C) en las dietas utilizadas para la acuicultura, es esencial para optimizar la cantidad de la proteína ingerida que es utilizada para el crecimiento. Las dietas que son formuladas manteniendo una proporción adecuada de estos nutrientes permiten el uso mínimo de ingredientes proteicos costosos (Jones 1996 b).

D'Abramo *et al.* (2000), concluyen que el nivel de proteína incluida en la dieta es utilizado como fuente de energía y puede ser suplementada con niveles adecuados de carbohidratos y lípidos. La cantidad de proteína requerida para alcanzar el máximo crecimiento puede ser en menor proporción debido a que la proteína es canalizada hacia la formación de tejido muscular. Los requerimientos de proteína están en función de la fase de desarrollo de la especie. El requerimiento proteico para juveniles de *M. rosenbergii* es aproximadamente de 30 a 35 % en la dieta. Por otro lado Cruz *et al.* (2000), concluyen que para los camarones peneidos, *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris* el nivel óptimo de proteína en la dieta sea de 25 y 30 %, respectivamente. Cortés *et al.* (2002), indican que el requerimiento en proteína para juveniles de *C. quadricarinatus* es de 31 %.

2.9.3. Lípidos

Los lípidos son una fuente importante de energía y ácidos grasos esenciales para el desarrollo y sobrevivencia de los crustáceos (Villarreal y Peláez, 1999; Cruz, 1996). Existe muy poca información relacionada con los requerimientos de lípidos y ácidos grasos para los decápodos (Villarreal y Peláez, 1999).

Además de ser una fuente de energía, los lípidos tienen otras funciones nutrimentales relacionadas con el transporte de vitaminas, la formación de las membranas celulares y la síntesis de hormonas (Akiyama, 1991). En la manufactura de alimentos peletizados, los lípidos son importantes como atrayentes y son influyentes sobre la textura y la palatabilidad del alimento (Villarreal y Peláez, 1999).

Los fosfolípidos y el colesterol, son componentes de la membrana celular. Son importantes en el mantenimiento, el funcionamiento y la estructura de la célula. Además, el colesterol es un importante precursor de hormonas esteroideas y el mayor esteroide en el camarón, mientras que los fosfolípidos son intermediarios importantes en el metabolismo lipídico. Los fosfolípidos y el colesterol en las dietas son necesarios ya que los crustáceos no pueden sintetizarlos para cumplir sus requerimientos (Shiau, 1998; Gong, 2000).

Los ácidos grasos esenciales para los crustáceos se encuentran en algunos aceites de origen vegetal (maíz, cacahuate, soya, girasol) y de origen animal (menhaden, almeja, calamar). Estas representan del 10 al 20 % del total de los lípidos (Kanazawa, 1985). Una deficiencia en ácidos grasos puede originar una reducción del crecimiento, un incremento en el contenido de agua en los tejidos y una reducción en la resistencia a infecciones bacterianas (Villarreal y Peláez, 1999).

Los decápodos requieren también de los esteroides, que serán sintetizados a partir del colesterol. Un nivel de 0.5 % de colesterol en la dieta satisface este requerimiento, ya que niveles superiores reducen el crecimiento (Kanazawa, 1992). El colesterol es el principal esteroide en los crustáceos, el cual forma parte de hormonas relacionadas con el proceso de la muda y la maduración sexual (Kanazawa, 1992). Se requiere un nivel mínimo de 0.4 % en dietas para *C. quadricarinatus* (Villarreal y Peláez, 1999).

2.2.4. Carbohidratos

Los carbohidratos, son compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno los cuales forman la fuente de energía más económica en las dietas peletizadas (New, 1987, Tacon, 1990). La mayoría de las especies acuáticas incluyen azúcares simples o monosacáridos, disacáridos y polisacáridos como el almidón (Akiyama y Dominy 1989; Tacon 1990). Además de utilizarse como fuente de energía, se usan como reserva de glucógeno, en la síntesis de quitina y en la formación de esteroides y de ácidos grasos (New 1976; D'Abramo y Sheen

1994). En dietas para langostino *M. Rosenbergii*, una proporción de 4:1 carbohidratos y lípidos es recomendada, lo cual es una guía apropiada para el diseño de dietas específicas para langostas de agua dulce (Villarreal y Peláez, 1999). Debido a su hábito alimenticio omnívoro de *C. quadricarinatus*, puede utilizar carbohidratos como fuente de energía, ya que posee una alta producción de amilasas permitiendo así el mejor uso de monosacáridos y disacáridos (D´Abramo, 2000).

2.9.5. Fibra

La fibra se refiere a la combinación de celulosa, lignina, pentosas y otras fracciones no digeribles en el alimento. Cantidades excesivas de fibra en la dieta incrementan la producción de heces fecales, lo que incrementa la contaminación del agua (Akiyama y Dominy, 1989). Se sabe que niveles de 0.5 % de fibra en las dietas pueden promover el crecimiento. Sin embargo, los niveles totales de fibra no deben exceder 4 % (Villarreal y Peláez, 1999).

2.9.6. Vitaminas

Las vitaminas, son componentes orgánicos que se requieren en pequeñas cantidades para el crecimiento normal y para realizar algunas actividades fisiológicas. La mayoría de las vitaminas funcionan como coenzimas en sistemas biológicos (Akiyama y Dominy, 1989). Los requerimientos de vitaminas dependen del tamaño del organismo, la edad, la tasa de crecimiento, las condiciones medioambientales y las interacciones nutrimentales. Para sistemas intensivos se recomiendan raciones balanceadas que incluyan premezclas vitamínicas (Villarreal y Peláez, 1999).

La vitamina C, es una de las vitaminas que pueden estimular el desarrollo de los camarones. Estimula un control de los factores hormonales del estrés y con esto permite que los

animales logren un desarrollo optimo, demostrado por la ganancia de peso y el numero de mudas (indicador de la velocidad de desarrollo) (Cortes, 1993). La falta de vitamina C (ácido ascórbico) en dietas para camarón, tiene un efecto que ocasiona el "síndrome de muerte negra" (Shiau, 1998). Por otro lado, deficiencias vitamínicas pueden causar los siguientes síntomas: bajo crecimiento, pobre consumo, anorexia, exoftalmia, color anormal y enanismo (Cortes, 1993).

2.9.7. Minerales

Existen aproximadamente 20 elementos inorgánicos que son esenciales para el cuerpo (Akiyama y Dominy, 1989, Tacon, 1990). Los minerales forman la parte del exoesqueleto, participan en el balance de la presión osmótica, en la contracción muscular y en la transmisión del impulso nervioso (New, 1987). También forman parte de enzimas, vitaminas, hormonas y pigmentos. Son necesarios para algunos procesos metabólicos. Los requerimientos cuantitativos de los minerales no han sido definidos para *Cherax*. Esta falta de información también se presenta para otras especies de decápodos (camarón, langostino, langosta) (Villarreal y Peláez, 1999).

2.9.7.1. Calcio

El suplemento de ciertos minerales en las dietas es necesario, debido a la perdida que sufren estos organismos durante cada muda. En crustáceos, cerca del 90 % del contenido del exoesqueleto es calcio (Civera, 1993; Shiau, 1998). El calcio tiene varias funciones importantes dentro de los organismos. Es componente principal del exoesqueleto, participa en la regulación de la permeabilidad de las membranas celulares (transmisión de impulsos nerviosos y asimilación de nutrientes), es activador de enzimas (lipasas, fosfatasa. ATPasas, etc.) y en la osmoregulación, entre otras (Civera, 1993).

El calcio se encuentra de manera abundante en las harinas de hueso, camarón, cangrejo, carne y pescado. Así como en la roca fosfórica, la concha de ostión, la alfalfa, las

macroalgas (Kelp), la leche deshidratada y la cal, entre otros. El nivel de calcio recomendado en dietas comerciales para crustáceos es de 2.8 % (Civera, 1993).

2.9.7.2. Fósforo (P)

El fósforo tiene gran cantidad de funciones metabólicas, como la formación de ATP, precursor de fosfolípidos y ADN, componente esencial del exoesqueleto de los crustáceos, de fosfo-proteínas, membranas celulares, coenzimas, así como amortiguador del pH en los líquidos corporales (Civera, 1993).

El fósforo es uno de los elementos minerales que se encuentran en bajas concentraciones en el agua, por lo que incorporar fósforo al alimento es indispensable. Los requerimientos en fósforo de *Penaeus japonicus* han sido estimados entre 0.75 y 2.0% (Civera, 1993; D' Abramo y New, 2000).

2.9.7.3 Magnesio (Mg)

El magnesio es importante ya que es un componente principal de los huesos, los cartílagos y del exoesqueleto de los crustáceos. Es un activador de diversos sistemas enzimáticos como las quinasas, las mutasas, las ATPasas musculares, y también de las enzimas colinesterasas, fosfatasas, alcalinas, arginasas, desoxiribonucleasas, etc. Este elemento juega un papel importante en la transmisión de los impulsos nerviosos y la contracción muscular. En la regulación del balance intracelular ácido- base y también interviene en el metabolismo de las proteínas, los lípidos y los carbohidratos (Civera, 1993; D' Abramo y New, 2000).

2.10. Ingredientes utilizados en la manufactura de dietas prácticas

La evaluación de los ingredientes necesarios para las dietas de la langosta de agua dulce es escasa. Dentro de los ingredientes utilizados en dietas comerciales se encuentran; las harinas de camarón, calamar, pescado, soya, trigo y sorgo, entre otros (New, 1987). Las harinas de origen de animales marinos, contienen niveles superiores de energía, de aminoácidos esenciales, de ácidos grasos esenciales, de fosfolípidos, colesterol, minerales y de atrayentes en comparación con las proteínas de origen vegetal (Chamberlain, 1996).

Los ingredientes que a continuación se describen, son solo algunos de los que han sido utilizados ampliamente por la industria dedicada a la elaboración de dietas para especies acuáticas:

2.10.1. Harina de Pescado

La calidad de la harina de pescado depende de la frescura del producto y del proceso de secado (Akiyama, 1991). Factores anti-nutricionales, como la histamina, pueden estar presentes cuando la fuente original no es fresca o el proceso de secado se hace con flama directa. La harina de pescado tiene generalmente un mínimo de 60 – 65 % de proteína. El sabor es altamente atractivo para la langosta de agua dulce, tiene algunos atrayentes y cuando se seca al vacío o se hidroliza, es altamente digestible (Chamberlain, 1996; Campaña, 2001). No hay una limitante a la cantidad de harina que puede incluirse en la dieta desde el punto de vista nutricional, pero su alto costo determina su uso (Villarreal y Peláez, 1999).

2.10.2. Harina de Soya

La harina de soya, posee uno de los mejores perfiles de aminoácidos de las plantas ricas en proteína. Sin embargo, su palatabilidad es limitada lo que puede reducir el consumo por parte del animal. Algunos factores anti-nutricionales se pueden presentar en la harina de soya. Éstos, pueden ser eliminados por tratamiento de calor. La soya, es una fuente económica de proteína (Akiyama y Dominy, 1989). Sin embargo, tiene un 25 % menos de energía capaz de ser metabolizada, una reducción de hasta 86 % del fósforo disponible y aproximadamente el 10 % de los ácidos grasos n-3 disponibles en una harina de pescado de buena calidad. La cantidad de harina de soya en la dieta, esta limitada por la estabilidad en el agua de las raciones peletizadas para *C. quadricarinatus* (Villarreal y Peláez, 1999).

2.10.3. Harina y subproductos de Trigo

Los subproductos del trigo son utilizados como ligadores, principalmente el gluten que es además, una buena fuente de proteína (60 %) (Akiyama, 1991). Su uso esta limitado por el precio. Por otro lado, la harina de trigo tiene aproximadamente 14 % de proteína y su precio es mas accesible, por lo que su uso es generalizado en raciones balanceadas (Villarreal y Peláez, 1999).

2.10.4. Harina de calamar

Probablemente, la harina de calamar sea el mejor ingrediente que se utiliza en raciones comerciales para crustáceos decápodos (New, 1987; Akiyama y Dominy, 1989). Un factor de crecimiento desconocido ha sido identificado en la harina de calamar. Este factor (posiblemente un péptido), incrementa la eficiencia digestiva del organismo (Cruz, 1987). También es un buen atrayente y contiene altos niveles de colesterol, de fosfolípidos y de ácidos grasos (Akiyama, 1991). No hay limitaciones para el uso de harina de calamar en la

dieta. En el ámbito comercial, los niveles de inclusión varían entre 2 y 10 % debido al costo y la disponibilidad (Tacon y Akiyama 1997, Villarreal y Peláez, 1999). Baillet *et al.* (1997), indican que la harina de calamar produce muy buena respuesta en el crecimiento de *Penaeus stylirostris*. Así como en *P. monodon*, evidenciando que la dieta que contiene harina de calamar presenta factores de crecimiento además de nutrientes esenciales (Cruz, 1992).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- El objetivo central del presente estudio fue el de evaluar el efecto de diferentes niveles de lípidos (4, 8 y 12 %) en dietas semi-purificadas sobre la composición bioquímica, la eficiencia alimenticia, el crecimiento y la sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del nivel de lípidos en dietas formuladas sobre los juveniles de la langosta de agua dulce *C. quadricarinatus*, en el incremento de peso, talla, la sobrevivencia, tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la tasa de crecimiento específico (TCE).
- Determinar el efecto del nivel de lípidos en las dietas mediante el factor de conversión del alimento y la tasa de eficiencia proteica.
- Determinar el contenido de carbohidratos, proteína y lípidos en músculo y el hepatopáncreas de juveniles de langosta de agua dulce *C. quadricarinatus* alimentados con dietas de 4, 8 y 12 % de lípidos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción del área de cultivo experimental

La evaluación experimental se realizó en el Laboratorio de nutrición del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), en La Paz, B.C.S. México. Para realizar la experimentación se utilizaron 12 acuarios de fibra de vidrio con un volumen de 40 l (Figura 4). Cada acuario se encontraba provisto de una salida de agua, mediante un tubo de PVC, la entrada del agua fue manual, utilizando una manguera flexible (1/2") proveniente de un pozo de agua dulce. Cada unidad experimental se mantuvo con aireación constante para proveer el oxígeno suplementario, mediante un tubo de PVC conectado a un Blower de 5 HP (Sweetwater®, Apopka, FL., EUA). El oxígeno fue distribuido a cada acuario mediante mangueras de 1/8" de plástico y a través de difusores de silica de 2.5 x 2.5 cm. La temperatura fue mantenida a 28 ± 0.15 ° C, mediante termostatos sumergibles de 100 watts (Aquarium Pharmaceuticals, Inc. Anney, Paris, France). Se utilizó malla sintética (luz de malla de 2 mm) para proveer refugio y protección, con esto se evitaron perdidas potenciales por canibalismo. Por otro lado, cada acuario fue cubierto con malla para evitar algún escape de los animales (Figura 6).

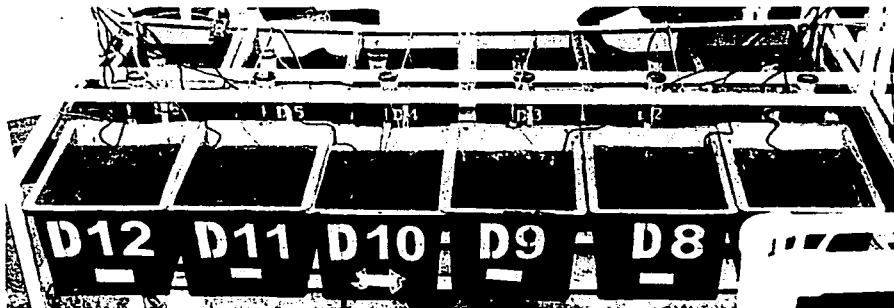


Figura 4. Sistema de cultivo experimental de langostas de agua dulce *Cherax quadricarinatus*.



Figura 5. Juveniles de *C. quadricarinatus* empleados durante la etapa experimental.

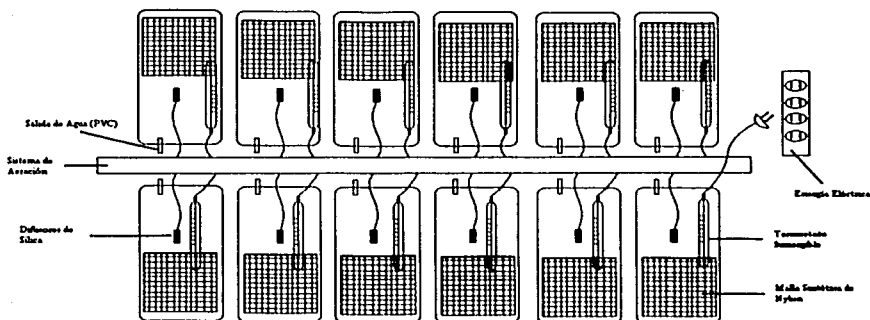


Figura 6. Diagrama del Sistema de cultivo experimental.

4.2. Elaboración de las dietas.

Se elaboraron tres dietas experimentales. La selección de los insumos para la formulación de dietas se definió en función de la digestibilidad de los ingredientes evaluados para *C. destructor* y *C. quadricarinatus* (Jones y Da Silva 1997; Campaña *et al.*, 2001). El nivel proteico se definió en función de lo sugerido para la especie por Anson y Rouse, 1994; y Cortés *et al.*, 2002. Las dietas fueron formuladas utilizando el software MIXIT-win, conteniendo cada una de ellas 31 % de proteína, con diferente nivel de lípidos 4 (L4), 8 (L8) y 12 (L12) % (Tabla 3). Los macro-ingredientes utilizados fueron molidos y tamizados a < 500 μ m (CSC Scientific Siever), previo a la elaboración de las dietas, estos fueron mezclados en una batidora (Kitchen Aid) por 10 minutos, logrando así una mezcla homogénea y posteriormente los micro-ingredientes (Tabla 2) (premezcla de vitaminas, (Tabla 4); premezcla de minerales (Tabla 5); vit C Stay C, cloruro de colina y carbonato de calcio), fueron agregados. El aceite de pescado y la lecitina de soya se homogenizaron hasta obtener una emulsión antes de ser incorporados a la mezcla. Los ingredientes fueron incorporados, se mezclaron de nuevo durante 10 minutos, posteriormente se agregó agua destilada en una proporción alrededor a 30 % del peso de los ingredientes, la

mezcla se pasó a través de un molino de carne (TorreyTM Monterrey, N.L., México), usando un dado con una abertura de 2 mm, los pellets fueron cortados alrededor de 10 mm de longitud. Las dietas fueron colocadas en charolas en un horno eléctrico (Hafó Series 1600, VWR 1680) a 50°C aproximadamente 8 h para el secado. Estas fueron analizadas para conocer su composición proximal de acuerdo a las técnicas descritas por AOAC (1984).

Tabla 2. Macro y micro ingredientes utilizados en la formulación de las dietas experimentales para juveniles de *C. quadricarinatus*.

Macro Ingredientes	Micro Ingredientes	Aceites
Harina de sardina	Premezcla de minerales	Aceite de pescado
Harina de calamar	Premezcla de vitaminas	Lecitina de soya
Harina de sorgo integral	Ácido ascórbico	
Pasta de soya	Cloruro de colina	
Harina de trigo integral	Carbonato de calcio	
Grenetina		

Tabla 3. Composición porcentual de las dietas experimentales.

INGREDIENTE	DIETA (% lípidos)		
	L4	L8	L12
Harina de Sorgo	53.847	49.674	44.630
Harina Sardina	22.049	22.504	23.056
Aceite Sardina	0.022	1.881	4.154
Lecitina Soya	0.022	1.880	4.100
Pasta soya	10.000	10.000	10.000
Harina Calamar	3.000	3.000	3.000
Grenetina	4.000	4.000	4.000
Harina Trigo	3.000	3.000	3.000
Premezcla de minerales	2.500	2.500	2.500
Carbonato Calcio	1.000	1.000	1.000
Premezcla de vitaminas	0.350	0.350	0.350
Vitamina C Stay (35%)	0.150	0.150	0.150
Cloruro Colina (62%)	0.060	0.060	0.060
TOTAL	100	99.999	100

Tabla 4. Composición de la Premezcla de Vitaminas, Conklin (1998).

VITAMINAS	ALIMENTO (mg/kg)	PREMEZCLA (g/100 g de alimento)
Vitamina A Acetato (Retinol)	1.72	0.066
Vitamina D ₃ (Colecalciferol)	0.1	0.004
Vitamina E (Tocoferol)	100	3.848
Vitamina K Menadiona	5	0.192
Tiamina (B ₁)	60	2.309
Riboflavina (B ₂)	25	0.962
Piridoxina (B ₆)	50	1.924
Ac. DL-Pantoténico	75	2.886
Niacina (ácido nicotínico)	40	1.539
Biotina	1	0.039
Inositol	400	15.391
Cianocobalamina (B ₁₂)	0.2	0.008
Ac. Fólico	10	0.385
Vehículo		70.488
TOTAL		100

* Nivel de inclusión en dieta: 0.26% de premezcla de vitaminas.

Tabla 5. Composición de la premezcla de minerales, CIB (1993).

MINERALES	ALIMENTO (g/kg)	PREMEZCLA (g/100 g)
KCl	0.5	14.285
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.5	14.285
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.09	2.57
MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.0234	0.67
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.005	0.145
KI	0.005	0.145
CoCl ₂ ·2H ₂ O	0.0025	0.07
Na ₂ HPO ₄	2.37	67.715
TOTAL	3.4959	99.99

4.3. Organismos experimentales

Un total de 400 juveniles de *C. quadricarinatus* del estanque de producción del CIBNOR, con un peso medio de 0.71 ± 0.12 g, fueron seleccionados. Posteriormente, estos fueron colocados durante 3 días para su aclimatación en una tina de fibra de vidrio con volumen de 1,500 l, con el fin de evitar muerte causada por estrés, mudas y canibalismo al momento de la siembra en los acuarios (Figura 5). Durante este periodo la temperatura fue mantenida a 28.1 ± 0.22 °C, utilizando termostatos sumergibles de 300 watts (Aquarium Pharmaceuticals, Inc. Paris, Francia). Los organismos fueron alimentados con una dieta comercial (PIASA®, La Paz, B.C.S. México) pelletizada, de 2 mm de grosor y una concentración de 35 % de proteína. Posteriormente los juveniles fueron colocados en los acuarios para realizar la evaluación experimental.

4.4. Condiciones experimentales

En cada acuario (40 l), 17 organismos se distribuyeron al azar para cada tratamiento y fueron mantenidos durante 56 días. El fotoperiodo fue aproximadamente 14h Luz:10h Noche, no se utilizó iluminación artificial. Se realizó un registro sistemático de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua; la temperatura fue registrada todos los días, el oxígeno cada dos días. Por otro lado, nitritos, nitratos y amonio fueron analizados cada 15 días utilizando técnicas descritas por Hach (Modelo Drel/2010) y La Motte (Modelo AQ2). La alimentación inicial fue definida en función de la biomasa de cada unidad experimental, proporcionando el 8 % de la biomasa total, la cantidad de alimento fue ajustada diariamente aumentando o disminuyendo un gramo según el excedente de alimento. El alimento fue suministrado manualmente, distribuido de manera uniforme hacia el fondo del acuario. Las heces fecales y el alimento no consumido fueron removidos todos los días mediante una manguera flexible de plástico, y el agua extraída fue reemplazada, obteniendo así un recambio de aproximadamente un 80 %/día.

Se realizaron cinco biometrías durante los 56 días experimentales. Estas se realizaron cada dos semanas, tomando los organismos y tratando de evitar aquellos recién mudados con el fin de reducir la mortalidad por efecto de la muda y manejo en la biometría. Se registro la longitud total (rostrum al telson) mediante una escala métrica (30 cm) y el peso (g) de los organismos utilizando una balanza digital (OHAUS), con precisión de 0.01 g.

4.5. Respuestas Evaluadas

4.5.1. Análisis Bioquímicos proximales de músculo y hepatopáncreas.

Al final del periodo de cultivo (día 56), se tomaron muestras (5 individuos) de cada tratamiento experimental. Posteriormente, se realizó la disección de los animales para

realizar la extracción del músculo y hepatopáncreas. Se realizaron los análisis bioquímicos proximales.

Para cuantificar las proteínas, los tejidos de cada una de las muestras fueron homogenizados en una solución salina (1.2% NaCl), el homogenizado fue digerido 30 minutos a temperatura ambiente utilizando NaOH 0.5N. La concentración fue determinada mediante el método Bradford (1976), utilizando albúmina como estándar y posterior lectura de la absorbancia a 595 nm utilizando un espectrofotómetro (Spectron genesis). Para determinar carbohidratos, las proteínas fueron precipitadas con ácido tricloroacético a 20% y centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos a una temperatura de 4 °C. Los carbohidratos fueron cuantificados a partir del sobrenadante mediante el método de Anthrone (Van Andel, 1967) utilizando glucosa como estándar y posterior lectura de la absorbancia a 620 nm utilizando un espectrofotómetro (Spectron genesis). Para lípidos totales se utilizó una adaptación del método descrito por Barnes y Blackstock (1973). Un volumen de 0.1 ml del tejido homogenizado fue mezclado con H₂SO₄ e incubado a 80 °C durante 10 minutos. La solución ácida obtenida fue mezclada con el reactivo fosfovanillin. La absorbancia fue medida a 560 nm con un colorímetro (Biorad de microplaca) utilizando una mezcla de triglicéridos (12 mg/ml) como estándar.

4.6. Análisis de las Dietas Experimentales

Para determinar la composición proximal de las dietas se realizó la técnica descrita por la AOAC (1984) (Anexo II).

4.7. Análisis Estadístico

Las diferencias estadísticas de las variables estudiadas en los tratamientos fueron determinadas mediante análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba de rangos

múltiples de Tukey (Sokal y Rohlf, 1981). Así como también se realizó una ANOVA entre los acuarios del mismo tratamiento para ver si entre ellos se presentaba alguna diferencia. Se considero que las diferencias entre los pesos finales eran significativas cuando P tuvo valores menores a 0.05. Durante la etapa experimental fueron evaluados, la sobrevivencia, el consumo del alimento y la tasa de eficiencia protéica (PER), criterios comúnmente utilizados para determinar la calidad nutricional de dietas experimentales (Tacon 1990). Los valores expresados en porcentajes fueron transformados a arco seno para poder ser analizados (Yúfera, 2000). Así como las variables expresadas en tasas fueron transformadas a logaritmo natural.

4.8. Respuestas Evaluadas

1. **Sobrevivencia:** Es la respuesta evaluada para determinar el porcentaje de organismos vivos en un periodo. Esta se calcula utilizando la fórmula:

$$S (\%) = (\text{Número de organismos final} / \text{Número de organismos inicial}) * 100$$

2. **Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA):** Se define como el incremento en peso por unidad de tiempo (Hopkins 1992). Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$TCA = (Pf - Pi) / T$$

3. **Tasa de Crecimiento Específica (TCE):** La tasa de crecimiento de un individuo es un índice sensitivo a la frecuencia alimenticia (Tacon, 1990), y denota el crecimiento promedio por día en términos de porcentaje y supone que el incremento en peso es de forma exponencial (Hopkins, 1992). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$TCE = \ln Pf - \ln Pi \times 100 / T$$

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.

4. **Factor de Conversión del Alimento (FCA):** Es la cantidad de alimento suministrado (g) necesario para que el individuo aumente un gramo en peso húmedo. Calculado mediante la siguiente fórmula:

$$FCA = \text{Alimento seco suministrado (g)} / \text{Incremento en peso húmedo (g)}$$

5. **Tasa de eficiencia Proteica (PER):** Es la cantidad de proteína suministrada que es incorporada por el organismo en relación con el incremento del peso.

$$PER = \text{Incremento en Peso (g)} / \text{Cantidad de proteína suministrada (g)}$$

5. RESULTADOS

5.1. Calidad de Agua

Los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua que se midieron durante el desarrollo del experimento (pH, T°C, salinidad, nitritos, nitratos, amonio, oxígeno) fueron mantenidos dentro del intervalo de tolerancia para *Cherax quadricarinatus* (Villarreal y Peláez, 1999). No se presentaron diferencias significativas entre ninguno de los parámetros analizados al comparar los tratamientos. En la tabla 6, se muestran los valores promedio de los parámetros de calidad de agua.

Tabla 6. Parámetros de calidad de agua durante el desarrollo experimental (Valores promedio \pm desviación estándar).

DIETA	L4	L8	L12
pH	7.73 \pm 0.05 a	7.92 \pm 0.02 a	7.76 \pm 0.05 a
Temperatura (°C)	28.10 \pm 0.22 a	28.11 \pm 0.08 a	27.99 \pm 0.09 a
Nitratos (mg/l)	7.04 \pm 0.43 a	6.85 \pm 0.24 a	6.63 \pm 0.31 a
Amonio (mg/l)	1.22 \pm 0.58 a	0.87 \pm 0.72 a	1.51 \pm 1.05 a
Amonio no ionizado (%)	2.72	4.24	4.24
Nitritos (mg/l)	2.76 \pm 4.43 a	3.37 \pm 6.03 a	3.78 \pm 7.08 a
Oxígeno (mg/l)	6.17 \pm 0.89 a	6.23 \pm 0.11 a	6.11 \pm 0.93 a

*Los valores con la misma letra en la línea no son significativamente diferentes.

5.2. Composición de las dietas experimentales

El análisis bioquímico proximal de las dietas permite comprobar de manera general la composición esperada de las dietas experimentales, tal como se muestra en la tabla 7, donde se presenta el porcentaje de proteína, lípidos, energía, fibra y cenizas contenidas en cada una de las dietas experimentales.

Tabla 7. Contenido porcentual de proteína, lípidos, energía, fibra y cenizas en las dietas experimentales.

TRATAMIENTO (% LÍPIDOS)	L4	L8	L12
Humedad (%)	6.25 ± 0.18	7.11 ± 0.11	7.18 ± 0.28
* Proteína (%)	31.6 ± 0.06	31.4 ± 0.03	31.5 ± 0.12
* Extracto Etéreo (%)	4.85	7.89	11.31
* Ceniza (%)	8.26 ± 0.06	8.30 ± 0.05	6.90 ± 0.02
* Fibra Cruda (%)	0.27 ± 0.04	0.39 ± 0.02	0.69 ± 0.09
E.L.N.	55.02	52.02	49.6
* Energía (Cal /g)	4179.62 ± 4.92	4277.26 ± 3.51	4452.77 ± 6.20

Valores promedio ± Desviación estándar (3 réplicas por muestra); * Resultados expresados en base seca. Humedad; Determinación por diferencia de peso a 70°C/ 24 hrs. Proteína; Método de Mikrojelkdajl (% N x 6.25). Extracto etéreo; Método Soxhlet. F. Cruda; Método de Hidrólisis Sucesiva (ácido / base). Cenizas; Determinación por diferencia de peso, calcinación a 500° C / 24 hrs. E.L.N; Calculado por; 100 - (% Proteínas + % Lípidos + % F. Cruda + % Cenizas). Energía; Determinación por calorímetro Adiabático.

5.3. Supervivencia

El intervalo de supervivencia obtenida en todos los tratamientos varió entre 94 y 96 %. La supervivencia más alta fue en el tratamiento L12, con una supervivencia de 95.59 ± 2.94 %

(Tabla 8). Sin embargo, no se presentan diferencias significativas entre las sobrevivencias de los tres tratamientos (Figura 7).

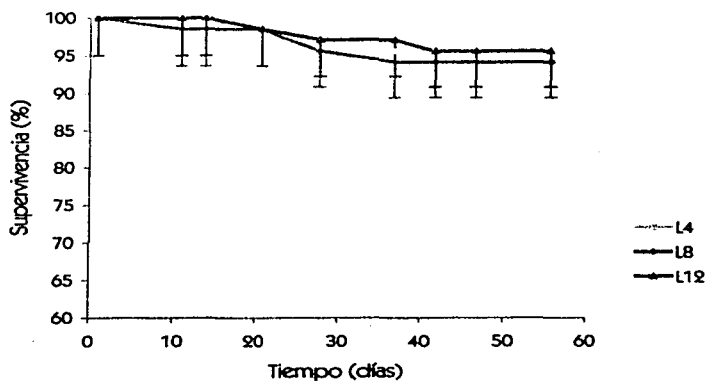


Figura 7. Supervivencia de juveniles de *C. quadricarinatus* durante 56 días de cultivo experimental.

5.4. Crecimiento

5.4.1. Peso

La respuesta al nivel de lípidos con respecto al incremento en peso promedio final fue significativamente mayor ($P < 0.05$) para los tratamientos LB y L12, con valores de $6.44 \text{ g} \pm 2.17$ y $6.10 \text{ g} \pm 2.05$, respectivamente (Tabla 8). El menor peso promedio observado

fue para el tratamiento L4, con un peso final de $4.99 \text{ g} \pm 1.78$. Se realizaron análisis de varianza de una vía con los pesos promedio de cada una de las biometrías realizadas a lo largo de la etapa experimental. Diferencias significativas ($P < 0.05$) fueron encontradas partir del día 42 (Figura 8).

Tabla 8. Parámetros de producción de juveniles de la langosta de agua dulce, *Cherax quadricarinatus* con diferentes dietas durante 56 días de cultivo experimental.

Dieta (% lípidos)	L4	L8	L12
Peso Inicial (g)	0.71 ± 0.12 a	0.71 ± 0.12 a	0.71 ± 0.12 a
Peso Final (g)	4.99 ± 1.78 a	6.44 ± 2.17 b	6.10 ± 2.05 b
Longitud Inicial (mm)	18.83 ± 0.14 a	18.83 ± 0.14 a	18.83 ± 0.14 a
Longitud Final (mm)	59.45 ± 5.71 a	64.50 ± 6.73 b	63.39 ± 7.16 b
Sobrevivencia (%)	94.12 ± 4.80 a	94.12 ± 4.80 a	95.59 ± 2.94 a
TCA ¹ (g/día)	0.08 ± 0.01 a	0.10 ± 0.02 a	0.10 ± 0.02 a
TCE ² (%/día)	3.20 ± 0.22 a	3.69 ± 0.42 a	3.61 ± 0.31 a
FCA ⁴	1.99 ± 0.28 a	1.70 ± 0.49 a	1.70 ± 0.21 a
PER	1.59 ± 0.17 a	1.96 ± 0.59 a	1.92 ± 0.25 a

Los valores en cada línea con la misma letra no son significativamente diferentes.

TCA (Tasa de crecimiento absoluta), TCE (Tasa de crecimiento específico) y FCA (Factor de conversión alimentario).

Los valores presentados en la tabla corresponden a cuatro réplicas por dieta. Biomasa representada por los gramos en cada acuario.

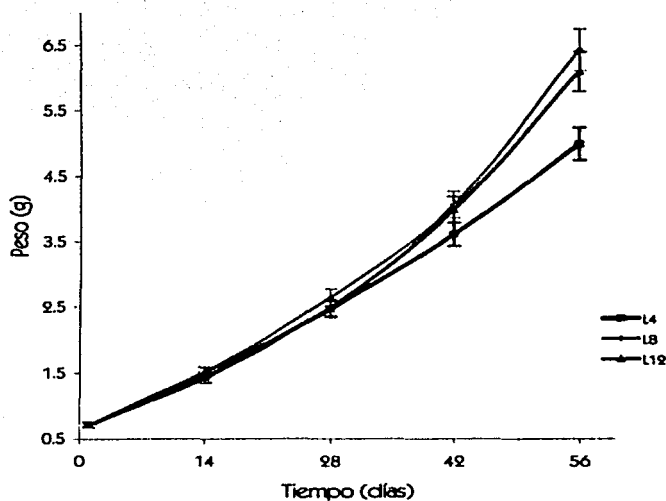


Figura 8. Crecimiento en peso en juveniles de la langosta de agua dulce, *C. quadricarinatus* durante 56 días de cultivo experimental.

5.4.2 Talla

En cuanto al crecimiento en talla de *C. quadricarinatus* durante 56 días de cultivo experimental, se pudo observar una diferencia significativa mayor ($P < 0.05$) en los organismos alimentados con el tratamiento L8 y L12 con una talla promedio final de 64.50 ± 6.73 y 63.39 ± 7.16 mm, respectivamente, con respecto a los organismos alimentados con el tratamiento L4, los cuales obtuvieron la menor talla (Tabla 8).

5.4.3. Tasa de crecimiento absoluto (TCA) y Tasa de crecimiento específico (TCE).

Los individuos que presentaron el mayor crecimiento en gramos por día de tratamiento (TCA) fueron los alimentados con los tratamientos L8 y L12, con valores de 0.10 ± 0.02 (g/día), pero son similares al ser comparados con el tratamiento L4 que presenta un TCA de 0.08 ± 0.01 (g/día). Se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) ($P > 0.05$) sin encontrar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tabla 8).

En el día 42 se presenta una diferencia significativa al comparar la tasa de crecimiento específica (TCE) de los organismos del tratamiento L8 con un valor promedio de 4.16 ± 0.45 %/día y los organismos de los tratamientos L4 y L12, con valores promedio de 3.10 ± 0.18 y 3.29 ± 0.27 , respectivamente. Al final de la etapa experimental la TCE fue mayor para los organismos alimentados con los tratamientos L8 y L12, con valores promedio de 3.69 ± 0.42 y 3.61 ± 0.31 (%/día), respectivamente. Pero similar a la TCE para los organismos alimentados con el tratamiento L4 que fue de 3.20 ± 0.22 (%/día). No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$) (Figura 9).

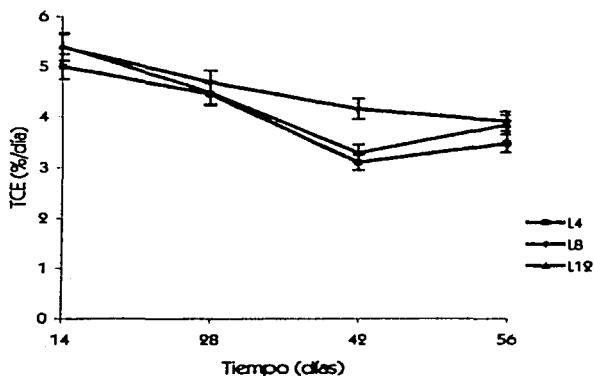


Figura 9. Tasa de crecimiento específica de juveniles de *C. quadricarinatus* durante 56 días de cultivo experimental.

5.5. Factor de Conversión del Alimento (FCA)

Los valores del factor de conversión alimenticia al final de la etapa experimental fueron: 1.99 ± 0.28 , 1.70 ± 0.49 y 1.70 ± 0.21 , para los tratamientos L4, L8 y L12, respectivamente. No se presentan diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos (Tabla 8).

5.6. Tasa de eficiencia Proteica (PER)

Las tasas de eficiencia proteica obtenidas para los tratamientos al final de la etapa experimental para los tratamientos L4, L8 y L12 fueron de 1.59 ± 0.17 , 1.96 ± 0.59 y 1.92

± 0.25 , respectivamente. Los valores promedio para los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) (Tabla 8).

5.7. Análisis bioquímicos

Los resultados de los análisis bioquímicos de las muestras de tejido muscular y de hepatopáncreas de los organismos al final del experimento, se muestran en la tabla 8. Los organismos de los tratamientos L4, L8 y L12 no presentan ninguna diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en la concentración de lípidos totales (mg/g) y proteína total (mg/g) en ninguno de los tratamientos, tanto en las muestras de músculo como en las de hepatopáncreas (Figuras 10 y 11). Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el tratamiento L8 en cuanto a la concentración de carbohidratos totales en las muestras de hepatopáncreas con un valor de 15.58 ± 5.48 (mg/g) en las muestras de hepatopáncreas, con respecto al tratamiento L4 con un valor de 11.50 ± 1.74 (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados bioquímicos de la composición de músculo y hepatopáncreas de juveniles de *C. quadricarinatus* después de 56 días de cultivo.

	Carbohidratos (mg/g)	Lípidos Totales (mg/g)	Proteína (mg/g)
Hepatopáncreas			
L4	11.50 ± 1.74 a	159.08 ± 67.21 a	75.54 ± 17.97 a
L8	15.58 ± 2.92 b	149.33 ± 92.87 a	50.09 ± 19.31 a
L12	13.20 ± 3.17 ab	202.56 ± 52.41 a	73.76 ± 17.53 a
Músculo			
L4	14.01 ± 4.12 a	10.16 ± 1.62 a	195.79 ± 17.39 a
L8	10.89 ± 2.50 a	8.91 ± 1.40 a	187.97 ± 18.55 a
L12	8.77 ± 8.45 a	8.46 ± 1.93 a	172.33 ± 11.40 a

* Los valores para cada columna con la misma letra no son estadísticamente diferentes.

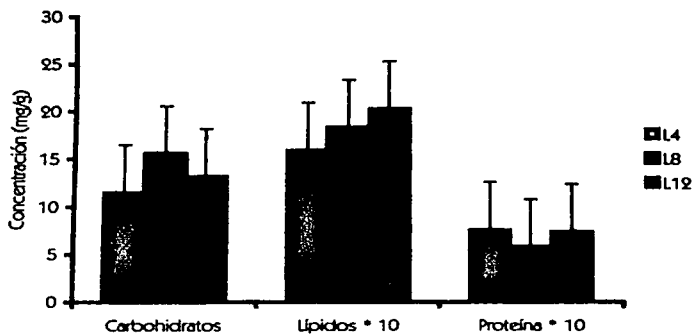


Figura 10. Concentración de carbohidratos, lípidos totales y proteína total en hepatopáncreas de juveniles de *Cherax quadricarinatus*.

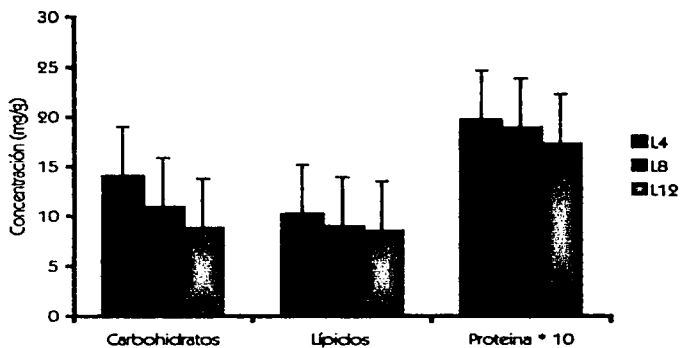


Figura 11. Concentración de carbohidratos, lípidos totales y proteína total en músculo de juveniles de *Cherax quadricarinatus*.

6. DISCUSIÓN

6.1. Calidad de agua

En la etapa experimental, los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua (temperatura, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos y amonio) fueron mantenidos dentro de los estándares recomendados para la especie (Villarreal y Peláez, 1999). La porción no ionizada de amonio se mantuvo en niveles inferiores al 4.24 % por tratamiento, y la concentración de amonio total se mantuvo en una proporción cercana a la recomendada por Villarreal *et al.*, 1999. Esto puede ser un motivo importante de la alta sobrevivencia durante los 56 días de cultivo experimental. Se ha considerado que estos factores no fueron influyentes en las diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) presentadas por los tratamientos experimentales en cuanto al peso final. Martínez *et al.* (1995), indican que en granjas comerciales de cultivo de camarón, la tasa de recambio de agua varía de 10 a 50 % / día dependiendo de la intensificación del sistema de cultivo. En el presente estudio se obtuvo una tasa de recambio de agua de alrededor de 80 %. De esta forma, se mantuvo una buena calidad del agua y ésta no afectó negativamente a los organismos.

6.2. Sobrevivencia

La sobrevivencia es otro índice comúnmente utilizado para evaluar la respuesta nutricional de crustáceos (D'Abramo y Castell, 1996). En el presente estudio, la sobrevivencia de los juveniles de *C. quadricarinatus*, no se vio afectada por los diferentes niveles de inclusión lipídica (4, 8 y 12 %). Al finalizar la etapa experimental, donde las condiciones de cultivo fueron controladas, la sobrevivencia fue alta para los organismos de todos los tratamientos (81 – 91 %). Estos resultados fueron superiores al 80 % de sobrevivencia reportada para la especie por Cortés *et al.* (2002). Meade y Watts (1995), reportan una sobrevivencia del 97 %, en crías de *C. quadricarinatus* con una dieta de 31 % de proteína y 10 % de lípidos,

suponemos que esta sobrevivencia fue tan alta en dicho estudio, debido a que los individuos fueron mantenidos individualmente durante los 70 días de cultivo experimental. Por otro lado Ponce – Palafox *et al.* (1998), reportan para juveniles de *C. quadricarinatus*, una sobrevivencia de 60 %, al utilizar una dieta de 35 % de proteína y 12.4 % de lípidos y una sobrevivencia de 95 %, con una dieta de 40 % de proteína y 13.1 % de lípidos.

Por los resultados obtenidos por Ackefors *et al.* (1992), se observa que en dietas con un porcentaje lipídico superior al 10 %, existen efectos negativos en la sobrevivencia de juveniles de *A. Astacus*. Estos autores reportan una alta sobrevivencia (80 – 100 %) en juveniles alimentados con 40 % de proteína y 10 % de lípidos, y una baja sobrevivencia (20 – 95 %) en los juveniles alimentados con 31 % de proteína y 13 % de lípidos.

Por otro lado, Sheen *et al.* (1999), reportan que los juveniles del cangrejo *S. serrata* alimentados con dietas con un porcentaje lipídico entre el 2, 4, 6, 8, 10 y 12 % presentaron una alta sobrevivencia (93.3 – 100 %). En función a los resultados de sobrevivencia reportados en el presente trabajo podemos concluir que las dietas utilizadas fueron adecuadas nutricionalmente para la fase de desarrollo de *C. quadricarinatus*.

6.3. Crecimiento

La densidad puede ser un factor influyente en las tasas de crecimiento de las langostas de agua dulce y en la reproducción (Huner, 1993). En el presente estudio, la densidad se mantuvo constante para todos los tratamientos, por lo que no se ha considerado como un factor influyente en los resultados obtenidos.

Existe una relación directa entre los niveles de proteína y lípidos en dietas balanceadas para decápodos, la cual es a su vez influenciada por el nivel de energía total. Cuando la proteína es suficiente en la dieta, esta se usará para el crecimiento. Sin embargo, si la

energía que proporciona la dieta es baja, entonces, la porción proteica será utilizada como fuente de energía, lo cual no lleva al máximo crecimiento. En la formulación de las dietas tiene que haber un equilibrio proteína : energía (New, 1987; Sang-Min, 2000). En el presente estudio el nivel de proteína utilizado en los tratamientos (4, 8 y 12 % de lípidos) evaluados fue de 31 %. Este porcentaje proteico se encuentra dentro del intervalo recomendado para la especie (25 – 35 %) (Villarreal y Peláez, 1999; Cortés *et al.*, 2002). Ackefors *et al.* (1992), demostraron que los requerimientos proteicos de las langostas cambian con la edad y concluyen que los individuos adultos de *Astacus astacus* presentan un mejor crecimiento al alimentarse con dietas con un porcentaje proteico entre 31 y 40 %. Los porcentajes mencionados anteriormente son mayores y diferentes que el nivel proteico del 22 al 26 % recomendado por Jover *et al.* (1999) para la especie *P. Clarkii*.

Para la langosta de agua dulce *C. quadricarinatus*, varios autores coinciden, aproximadamente, en unos porcentajes de los nutrientes principales. Meade y Watts (1995), indican que la falta de lípidos específicos en las dietas (fosfolípidos, HUFA, PUFA) podría ocasionar el "síndrome de muerte en la muda" y proponen una dieta con 30 % de proteína, 10 % de lípidos y 10 % de carbohidratos para juveniles de langosta de agua dulce *C. quadricarinatus*. Villarreal *et al.* (1999), indican para la misma especie, que los lípidos no excedan el 10 % de la composición en la dieta, ya que esto resulta en una disminución en el crecimiento, pero recomiendan, niveles de lípidos dietarios entre el 4 y el 6 %. Du Boulay *et al.* (1993) y Jones y Ruscoe (1996), basándose en trabajos experimentales y en la experiencia con el sector productivo, recomiendan que las dietas formuladas para *C. quadricarinatus*, contengan alrededor de 20 – 30 % de proteína, 5 – 10 % de lípidos y que sean compuestas principalmente de nutrientes vegetales ya que los nutrientes animales incrementan el costo de una producción comercial. En el presente estudio se propone una composición para las dietas formuladas para *C. quadricarinatus*, un nivel lipídico de 8 – 12 %, con una concentración de proteína de 31 %.

En la producción comercial, la langosta de agua dulce consume preferentemente el alimento natural originado por la productividad natural de los estanques lo cual puede compensar alguna deficiencia en nutrientes de las dietas (Holdich, 2002). Por lo tanto, suponemos que la cantidad de alimento suministrado para la producción comercial podría ser menor, proporcionalmente, a la suministrada en el presente estudio. Estudios del contenido estomacal de los Parastácidos indican que se alimentan principalmente de detritos de fondo, derivados de vegetales, fragmentos de hojas, así como raíces y microalgas. Adicionalmente, se ha encontrado tejido de animales (cladóceros, copépodos y larvas de insectos) (O'Brien, 1995). Ackefors *et al.* (1992), recomiendan que las dietas comerciales para juveniles de *A. astacus* contengan niveles similares de todos los nutrientes excluyendo los carbohidratos (20 - 25 %).

En el presente estudio, los juveniles de *C. quadricarinatus* que obtuvieron el mayor peso promedio, fueron los alimentados con los tratamientos de 8 y 12 % de lípidos, respecto a los individuos que se alimentaron con el tratamiento de 4 % de lípidos. Estos resultados difieren con algunos resultados obtenidos para diversas especies de crustáceos. Ackefors *et al.* (1992), en un estudio con juveniles de *A. astacus*, sugieren que los crustáceos no son capaces de utilizar dietas con contenidos de lípidos superiores al 10 %. D'Abramo y Sheen (1994), proponen una dieta para crustáceos donde el nivel lipídico se encuentre entre 5 y el 10 %. D'Abramo *et al.* (1997), que indican que altos niveles de aceites en las dietas generalmente se encuentran asociados con reducciones significativas en la tasa de crecimiento. Cuzón *et al.* (1997), indican que los crustáceos presentan una inhabilidad para tolerar niveles de energía dietaria aportada por niveles de lípidos superiores al 10 %. D'Abramo *et al.* (2000) indican que el máximo crecimiento registrado para el langostino de agua dulce *M. rosenbergii* fue producido utilizando dietas con una concentración lipídica de 6 %, y que dietas con contenidos lipídicos superiores al 10 % resultan en una disminución de la tasa de crecimiento, probablemente debido a la limitación del proceso metabólico de altos niveles de lípidos. Jover *et al.* (1999), indican que el nivel óptimo de lípidos para el crecimiento de la langosta de agua dulce *Procambarus clarkii*, sea de 6 % en

dietas balanceadas. Shiau *et al.* (1998), recomiendan niveles de lípidos para dietas comerciales de camarón de 6 a 7.5 % y un nivel máximo de 10 %. Deering *et al.* (1997), indican que el crecimiento del camarón *P. monodon*, disminuye al incluir niveles lipídicos superiores al 10 %. No obstante, estudios realizados por Sheen *et al.* (1999), que indican que los niveles óptimos de lípidos requeridos para el crecimiento de juveniles del cangrejo *Scylla serrata*, varían de 5.3 a 13.8 %. El nivel de inclusión de lípidos en la dieta está directamente relacionado con una gran variedad de factores como la calidad y la cantidad de proteína, de energía, su disponibilidad y la calidad de los aceites (Tacon, 1990; D'Abramo, 1997).

En general se considera que los acociles son organismos acuáticos energéticamente muy eficientes. Villarreal (1999), indica que *C. tenuimanus* puede aprovechar hasta 70% de la energía ingerida para el crecimiento. Esta eficiencia le da una ventaja competitiva sobre otras especies susceptibles de cultivo comercial. *C. quadricarinatus* muestra un potencial similar de eficiencia bioenergética. Por otro lado, las tasas de crecimiento específicas obtenidas en el presente estudio con valores entre 3.20 y 3.69 %/día fueron superiores a las reportadas para otras especies del género, como *C. destructor* y *C. albidus* alimentados con dietas con 30% de proteína (Jones *et al.* 1996). Éstas, no se vieron afectadas por el nivel de inclusión de lípidos en la dieta. Ackefors *et al.* (1992), encuentran una tasa de crecimiento específico de alrededor de 3 %/día, para juveniles de *A. astacus* alimentados con dietas que contenían 40 % de proteína y 5 - 10 % de lípidos. Meade y Watts (1995), indican que la formulación de dietas nutricionalmente completas (30 % de proteína, 10 % de lípidos y 10 % de carbohidratos) para la langosta, puede llevar a la reducción de la competencia intraespecífica (entre organismos de la misma especie) y al mantenimiento del máximo crecimiento de los individuos. Estos autores reportan una tasa de crecimiento específico de 5.8 %/día para crías de *C. quadricarinatus*. Esta velocidad de crecimiento es superior a la registrada en el presente estudio debido a que el desarrollo de las crías es más rápido que el de la fase de juvenil.

6.4. Requerimientos Nutrimientales

En el presente estudio el factor de conversión alimenticia fue similar entre todas las dietas experimentales, al no encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados nos indican que hay que suministrar de 1.7 a 1.99 g de alimento para lograr que los juveniles de *C. quadricarinatus* aumenten 1 gramo en peso. Ponce – Palafox *et al.* (1998), reportan un mejor FCA para juveniles de *C. quadricarinatus*, ellos obtienen un intervalo de 1.1 – 1.4, para organismos alimentados con dietas que contenían 35 – 40 % de proteína y 12.4 – 13.1 % de lípidos. Sin embargo, Sudaryono *et al.* (1995) reportan un mayor FCA, 2.33 ± 0.32 para juveniles de camarón, *P. monodon*, alimentados con una dieta de 41.91 % de proteína y 5.65 % de lípidos, esto nos indica que los requerimientos nutricionales para distintas especies de crustáceos son variables, y que el FCA del presente estudio se puede considerar como adecuado.

Tidwell *et al.* (1996), indican que el alimento peletizado puede ser sustituido parcialmente por la productividad natural del sistema de cultivo a nivel comercial. Es factible que utilizando dietas con 31 % de proteína y 8 % de lípidos en un estanque con producción natural los valores de FCA sean menores a los reportados en el presente estudio. Villarreal *et al.* (1999), reportan valores de 0.8 en producción comercial de *C. quadricarinatus* en un estanque de cultivo con producción natural.

La tasa de eficiencia proteica tiende a decrecer al aumentar la concentración de proteína en las dietas (Baillet, *et al.*, 1997) y mientras más alto sea el valor del PER, el uso de la proteína será más eficiente (Sarc, *et al.*, 1993). El porcentaje lipídico no influyó en los diferentes resultados de la tasa de eficiencia proteica obtenida por los organismos alimentados con las diferentes dietas experimentales. La tasa de eficiencia proteica de los diferentes tratamientos en la presente evaluación experimental fue superior (1.59 - 1.96) a lo reportado por Ponce – Palafox *et al.* (1998). Éstos, reportan un PER de 1.03 – 1.12 en juveniles de *C. quadricarinatus*, alimentados con dietas de 35 – 40 % de proteína y 12.4 –

13.1 % de lípidos. Sudaryono *et. al.*, 1995, en trabajos con juveniles de camarón *P. Monodon*, reportan valores de esta tasa más bajos que los del presente estudio (1.07 ± 0.13), al ser alimentados con una dieta de 41.91 % de proteína y 5.65 % de lípidos.

6.5. Análisis bioquímicos

Nutricionalmente, los mejores ingredientes utilizados en dietas para decápodos son los que tienen una composición bioquímica muy similar a la especie en cultivo (Tacon y Akiyama, 1997). Al realizar los análisis bioquímicos de los tejidos, no se presentaron diferencias estadísticas entre los distintos componentes, a excepción de la concentración de carbohidratos en el hepatopáncreas. Los organismos alimentados con el tratamiento de 8 % de lípidos obtuvieron un valor de concentración de carbohidratos de 15.58 mg/g y fue mayor al presentado por los organismos del tratamiento de 4 % de lípidos. Esto se debe a que el hepatopáncreas es un órgano que se encarga además de la secreción y síntesis de enzimas digestivas, participa en la retención temporal y cíclica de reservas, la absorción de nutrientes y productos de la digestión (Cruz, *et al.*, 1996). Suponemos que esta diferencia de concentración es debida a que esta dieta es mejor nutricionalmente permitiendo que los organismos puedan almacenar carbohidratos en sus órganos. La información relacionada con los requerimientos de carbohidratos para decápodos es escasa, pero se sabe que diferentes fuentes de carbohidratos en la dieta tienen un efecto específico en la composición del cuerpo (Villarreal y Peláez, 1999). En los análisis también se observa una mayor cantidad de lípidos totales en el hepatopáncreas que en el músculo abdominal. Huner *et al.* 1993, indican que el contenido de colesterol en el hepatopáncreas es mucho mayor que en el músculo abdominal, este nivel es indicativo del alto contenido lipídico en este órgano. Gong *et al.* (2000), indican para *M. japonicus*, que en el hepatopáncreas es donde se almacenan, absorben y procesan la mayor cantidad de lípidos, y que el suplemento de fosfolípidos en las dietas resulta en un incremento en el contenido de lípidos en el hepatopáncreas. En el presente estudio no se obtuvieron diferencias en cuanto a la concentración de lípidos en el hepatopáncreas y en

el músculo abdominal de los organismos experimentales de los tratamientos de 4, 8 y 12 %, esto podría ser debido a una utilización inmediata de los lípidos por los organismos de los tratamientos L8 y L12.

7. CONCLUSIÓN

Basándonos en los resultados obtenidos en el presente estudio las dietas que contienen 8 y 12 % de lípidos satisfacen los requerimientos de producción de energía y crecimiento para juveniles de langosta de agua dulce *C. quadricarinatus*. Los organismos alimentados con el nivel lipídico de 4 % además de presentar el menor crecimiento, nos permitió observar que el consumo del alimento aumentó. Esto significa que los organismos se alimentaron más para satisfacer sus requerimientos energéticos inmediatos, provocando un mayor gasto energético.

Estos resultados tienen implicaciones sustanciales en la relación de los niveles proteína / lípido en una dieta diseñada para producir el máximo crecimiento de juveniles de *C. quadricarinatus*. Por lo que se recomienda utilizar en las dietas niveles de 31 % de proteína y entre 8 y 12 % de lípidos, con niveles energéticos entre 4277.26 y 4452.77 cal/g. Sin embargo, recomendamos que para la producción comercial se utilice una dieta con un contenido de 31 % de proteína y 8 % de lípidos, ya que los insumos que aportan los lípidos en las dietas por lo general son los más costosos y representan un mayor gasto por parte del productor.

El presente estudio contribuye a aumentar el conocimiento sobre la nutrición lipídica de la especie estudiada. Estos resultados pueden aplicarse a la formulación de dietas prácticas para obtener un crecimiento óptimo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, en condiciones de cultivo controladas.

Se recomienda profundizar en el estudio general de la especie debido a que es una especie introducida, si no se tiene el manejo adecuado se podría llegar a algún problema ecológico, afectando algunos ecosistemas y habitats estables. Además se recomienda el buen uso del mayor recurso necesario para la industria acuícola, El Agua.

8. LITERATURA CITADA

- Ackefors, H., J.D. Castell, L.D. Boston, P. Rätty & M. Svensson. 1992. Standard Experimental Diets for Crustacean Nutrition Research. II. Growth and Survival of Juvenile Crayfish *Astacus astacus* (Linne) Fed Diets Containing Various Amounts of Protein, Carbohydrate, and Lipid. *Aquaculture*, (104): 341-356.
- Ackefors, H. 1998. The Culture and Capture Crayfish Fisheries in Europe. *World Aquaculture*, (June): 18-67.
- Akiyama, D.M. & W.G. Dominy. 1989. Penaeid Shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry. In: "Texas Shrimp Farming Manual, vol. 1: Grown-out Technology". Texas Agricultural Extension Service and Texas A&M University Sea Grant College Program, pp: 1-50.
- Akiyama, D.M., W.G. Dominy & L.L. Addison. 1991. Penaeid Shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry, pp. 80-98. In: Akiyama D.M. & R.K. Tan (Eds.). *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, September 19-25, 1991*. American Soybean Association. Singapore.
- AOAC, 1984. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytica Chemists*. 14th edn. AOAC, Arlington, VA, 1141 pp.
- Assaf, B., T. Levi, S. Ayala & I. Karplus. 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): 169-177.
- Austin, C.M. 1995 a. Evolution in the Genus *Cherax* (Decapoda: Parastacidae). *Freshwater Crayfish*, (VII): 12-31.

- Austin, C.M. 1995 b. Evolution in the Genus *Cherax* (Decapoda: Parastacidae) in Australia: A Numerical Cladistic Analysis of Allozyme and Morphological Data. *Freshwater Crayfish*, (VIII): 32-50.
- Baillet, C., G. Cuzon, M. Cousin & C. Kerleguer. 1997. Effect of Dietary Protein Levels on Growth of *Penaeus stylirostris* Juveniles. *Aquaculture Nutrition*, (3): 49-53.
- Barnes, H. & J. Blackstock. 1973. Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanillin method for 'total' lipids. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 53: 577-594.
- Bordner, C.E., L.R. D'Abramo, D.E. Conklin & N.A. Baum. 1986. Development and Evaluation of Diets for Crustacean Aquaculture. *Journal Of The World Aquaculture Society*, (17): 1-4.
- Bradford, M.M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein - Dye Binding. *Analytical Biochemistry*, (72): 248 - 254.
- Campañá, T.A. 2001. Digestibility of Vegetal and Animal Ingredients and Diets for Juvenile and Pre-Adult Redclaw *Cherax quadricarinatus*. Thesis of Master Sciences. CIBNOR, S.C. La Paz, B.C.S. México.
- Chamberlain, G.W. 1996. Investigación de Frontera en Nutrición Acuicola. In: *Memorias Del Segundo Simposium Internacional De Nutrición Acuicola*, (Mendoza, R., Cruz, S.E. y Ricque Eds.), Pp 27-43, N.L. México.
- Civera, R. 1993. Requerimientos Minerales de Crustáceos. In: Cruz-Suárez L.E., Ricque-Marie D. y Mendoza-Alfaro R. (Eds.), *Avances en Nutrición Acuicola I. Memorias del*

Primer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Monterrey, N.L. 12-14 Febrero, 1993. .

- Correia, S., S. Suwannatous .& M. New. 2000. Flow-trough Hatchery Systems and Management. In: New, M. & W. Cotroni. Freshwater Prawn Culture. The Farming of *Macrobrachium rosenbergii*. 2000. Blackwell Science. Malden. 443 p.
- Cortés, E. 1993. Evaluación del Efecto de la Calidad y Cantidad de Proteína en Raciones Comerciales Peletizadas, en el Crecimiento y la Supervivencia del Camarón Blanco (*Penaeus vannamei*). Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. México. 86 P.
- Cortés, E. 1998. Frecuencia y Distribución Alimenticia en el Cultivo Intensivo de Juveniles del Camarón Blanco *Penaeus vannamei*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S. México. 96 P.
- Cortés, E. 2001. Efecto del Nivel de Proteína en el Crecimiento y Supervivencia de Juveniles de la Langosta de Agua Dulce *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). En: 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*. CIBNOR. Red Mexicana De Acuicultura. Informe Parcial. Pp. 89 – 103.
- Cortés, E., H. Villarreal & R. Civera. 2002. Production of Juvenile Redclaw in México: Effect of Different Protein Levels. Global Aquaculture Advocate, (5): 22-23

- Cruz, S.E., D. Rique, G. Guillaume, G. Cuzón & ACUACOP. 1987. Squid Protein Effect on Growth of Four Penaid Shrimp. *Journal of the World Aquaculture Society*, (18): 209 – 217.
- Cruz, E.L. 1988 a. Nutrición y Alimentación del Camarón. *Acuavisión* (14):32-34. Cruz, S. E. 1988 b. Necesidades Nutricionales de Crustáceos: Proteínas y Aminoácidos. Mem. del Seminario Nacional de Nutrición y Alimentación Acuícola. U.N.A.L. Dir. Gen. de Estudios De Posgrado. Mayo 1988. Pp. 15-20.
- Cruz, E.L., D. Ricque & AQUACOP. 1992. Effect of Squid Meal on Growth of *Penaeus monodon* Juveniles Reared in Pond Pens and Tanks. *Aquaculture*, (106): 293-299.
- Cruz, E.L. 1996 Digestión en Camarón y su Relación con Formulación y Fabricación de Alimentos Balanceados. En: Cruz, E.L., Ricque, D. & Mendoza R. Eds. Avances en nutrición acuícola III. Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 11 al 13 de noviembre de 1996, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. 207-232.
- Cruz, E.L., D.M. Ricque y Domínguez. 1996. Utilización de la Lecitina en la Nutrición Acuicola: Crustáceos, Pp 45-79. En: Mendoza, Cruz- Suárez y Ricque (Eds.) Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 7-9 De Noviembre De 1994. Monterrey, N.L. México. 103- 121.
- Cruz, L.E., J.S. Antimo-Pérez, N. Luna-Mendoza, C. Guajardo-Barbosa y D. Ricque-Marie D. 2000. Relaciones Proteína/Energía y Proteína Vegetal/Animal Optimas en Alimentos de Engorda para *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*. In: Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Olvera-Novoa, y R. Civera-Cerecedo (Eds.). Avances en Nutrición Acuicola. V. Memorias del V Simposium

Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.

Cuzón, G., J. Guillaume & C. Cahu. 1994. Composition, Preparation and Utilization of Feeds for Crustacea (Review). *Aquaculture*, (124): 253-267.

Cuzon, G. 1997. Energy and Protein: Energy Ratio. Crustacean Nutrition. *Advances in World Aquaculture*, (6): 51-70.

D'Abramo, L. y S. Sheen. 1994. Requerimientos Nutricionales, Formulación de Dietas y Prácticas Alimenticias para el Cultivo Intensivo del Langostino de Agua Dulce *Macrobrachium rosenbergii*. 81-101 Pp. En Mendoza, Cruz-Suárez y Ricque (Eds.). *Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 7-9 de Noviembre de 1994, Monterrey, N.L., México.

D'Abramo, L.R., 1997. Triacylglycerols and Fatty Acids. In: D'Abramo, L.R., D.E. Conklin & D.M. Akiyama. (Eds.), *Crustacean Nutrition*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, pp. 71-84.

D'Abramo, L.R., C.L. Ohs & K.C. Elgarico. 2000. Management and Production Characteristics of the Culture of the Red Swamp Crayfish, *Procambarus clarkii* Without Planted Forage. In: *Book of Abstracts, Aquaculture America*, World Aquaculture Society, US Chapter Meeting. New Orleans, Louisiana, US, p. 75. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana.

D'Abramo, L.R. & M.B. New. Nutrition, Feeds and Feeding. In: New, M. & W. Cotroni. *Freshwater Prawn Culture. The Farming of Macrobrachium rosenbergii*. 2000. Blackwell Science. Malden. 443 p.

- Deering, M.J., D.R. Fielder & D.R. Hewitt. 1997. Growth and Fatty Acid Composition of Juvenile Leader Prawns, *Penaeus monodon*, Fed Different Lipids. *Aquaculture*, (151): 131 – 141.
- Du Boulay, A.J.H., M.J.D Sayer & D.M. Holdich. 1993. Investigations into Intensive Culture of the Australian Redclaw Crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Freshwater Crayfish*, (IX): 70 – 78.
- Gong, H., L.L. Addison, J. Dong-Huo, F.L. Castille & D.M. Gatlin III, 2000. Lipid Nutrition of Juvenile *Litopenaeus vannamei* I. Dietary Cholesterol and De-Oiled Soy Lecithin Requirements and their Interaction. *Aquaculture*, (190): 305-324.
- Guillaume, J. 1997. Protein and Amino Acids. In: *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture Society* (D'Abraham, R.L., E.D. Concklin & Akiyama D.M. Eds.), Pp 26-41. Vol. 6. Louisiana. USA.
- Holdich, D.M. (Ed.). 2002. *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, London. 702 pp.
- Huner, J.V. & S.P. Meyers. 1979. Dietary Protein Requirements of the Red Swamp Crawfish, *Procambarus clarkii*, Grown in a Closed System. *Proceedings of the World Mariculture Society*, (10): 715 –760.
- Huner, J.V. 1993. *Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe and Australia Families Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae*. Food Products Press. An Imprint Of The Haworth Press, Inc. New York. 312p.
- Huner, J.V. 1995. An Overview of the Status of Freshwater Crawfish Culture. *Journal of Shellfish Research*, (14): 2, 539-543.

- Hutchings, R.W. y H. Villarreal. 1996. Biología y Cultivo de la Langosta de Agua Dulce (Redclaw) *Cherax quadricarinatus*. Manual de Producción. Navimar, S.A. Guayaquil, Ecuador. 400 Pp.
- Jones, C.M. 1990. The Biology and Aquaculture Potential of the Tropical Freshwater Crayfish *Cherax quadricarinatus*. Queensland Department of Primary Industries, Information Series No. Q 190028, Brisbane, Queensland, 130 Pp.
- Jones, C.M. 1995. Evaluation of Six Diets Fed to Redclaw, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens), Held in Pond Enclosures. *Freshwater Crayfish*, (IX): 469-479.
- Jones, C.M. & I.M. Rouscoe. 1996. Production Technology for Redclaw Crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Final Report FRDC Project 92/119. Fisheries Research and Development Corporation, Canberra. Freshwater Fisheries & Aquaculture Center. Walkamin, Australia. 155 p.
- Jones, P.L., S.S. De Silva & B.D. Mitchell. 1996 a. The Effect of Dietary Protein Source on Growth and Carcass Composition in Juvenile Australian Freshwater Crayfish. *Aquaculture International*, (4): 361-376.
- Jones, P.L., S.S. De Silva & B.D. Mitchell. 1996 b. Effects of Replacement of Animal Protein by Soybean Meal on Growth and Carcass Composition in Juvenile Australian Freshwater Crayfish. *Aquaculture International*, (4): 339-359.
- Jones, P.L., S.S. De Silva & B.D. Mitchell. 1996 c. Effect of Dietary Protein Content on Growth Performance, Feed Utilization and Carcass Composition in the Australian Freshwater Crayfish, *Cherax albidus* Clard and *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture Nutrition*, (2): 141-150.

- Jones, P.L. & S.S. De Silva. 1997. Apparent Nutrient Digestibility of Formulated Diets by the Australian Freshwater Crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture Research*, (28): 881-891.
- Jover, M., J. Fernández-Carmona, M.C. del Río & 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. & Evans. 1998. Growth and Condition of Marron *Cherax tenuimanus* fed Pelleted Diets of Different Stability. *Aquaculture Nutrition*, (4): 143-149.
- Kanazawa, A., S. Teshima & M. Sakamoto. 1985. Effects of Dietary Lipids, Fatty Acids, and Phospholipids on Growth and Survival of Prawn (*Penaeus japonicus*) Larvae. *Aquaculture*, (50): 39-49.
- Kanazawa, A. 1992. Recent Advances in Penaeid Nutrition in Japan. In: Allan, G. & W. Dall. (Eds). *Proc. Aquaculture Nutrition Workshop, Salamander Bay, 15 - 17 April 1991*. NSW Fisheries, Brackish Water Fish Culture Research Station, Salamander Bay, Australia.
- Lee, S.M., Cho, S.H. & Kim, K.D. 2000. Effects of Dietary Protein and Energy Levels on Growth and Body Composition of Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, (30): 306-315.
- Martínez, L., M. Porchas, H. Villarreal & J. Naranjo. 1995. Evaluation of Three Feeding Strategies on the Culture of White Shrimp *Penaeus vannamei* Boone 1931 in Low Water Exchange Ponds. Pp. 21- 28

- Meade, M.E. & 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 December, 1995.
- Mills, B.J & McCloud. 1995. Effects of Stocking and Feeding Rates on Experimental Pond Production of the Crayfish *Cherax destructor* (Decapoda : Parastacidae). Aquaculture, (43): 51 -72.
- Morrissy, N.M. 1989. A Standard Reference Diet for Crustacean Nutrition Research. IV. Growth of Freshwater Crayfish *Cherax tenuimanus*. Journal of the World Aquaculture Society, (20): No. 3 Sept. 1989.
- Naranjo, J. 1999. Efecto de la Densidad de Siembra Durante las Fases de Precria y la Engorda Monosexual de *Cherax quadricarinatus*, en Sistemas de Producción Comercial. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación y Graduados del Mar. 96 Pp
- New, M.B. 1976. A Review of Dietary Studies With Shrimp and Prawns. Aquaculture, (9): 101-144.
- New, M.B. 1987. Feed and Feeding of Fish and Shrimp. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 275 P.
- O'Brien, B.G. 1995. The Natural Diet of the Freshwater Crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith 1912) (Decapoda: Parastacidae) as determined by Gut Content Analysis. Freshwater Crayfish, (10): 151-162.
- Ponce, J.T., J.L. Arredondo & M.A. Moreno. 2000. The Effects of Varying Dietary Protein Levels on Growth and Survival of Juvenile and Pre-adult Redclaw (*Cherax*

quadricarinatus). In: Von Vaupel J.C. & F.R. Schram (Eds.) The Biodiversity Crisis and Crustacea. Proceedings of the Fourth International Crustacean Congress, Amsterdam, Netherlands. 20 – 24 July 1998, Volume 2. 715 - 719 p.

Rodríguez, J., R. Cedeño, C. Molina, V. Otero, E. Valenzuela y M.A. Sotomayor. 2000. Efecto de la Calidad de la Dieta Sobre la Respuesta Inmune del Camarón *Penaeus vannamei*. In: Cruz –Suárez, L.E., D. Rique, M. Tapia, M. Olvera y R. Civera, (Eds.). Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 19 – 22 Noviembre, 2000, Mérida, Yucatán, México.

Sang-Min, L., C. Sung & K. Kyoung-Duck. 2000. Effects of Dietary Protein and Energy Levels on Growth and Body Composition of Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus*. World Aquaculture Society, (31): 3, 307-315.

Sarc, Z.H., H. Thaggard, J. Saunders, M. Gravel, A. Neill & R.T. Cowan. 1993. Observations on the Chemical Composition of some Commercial Prawn Feeds and Associated Growth Response in *P. monodon*. Aquaculture, (115): 97 – 110.

Semple, G.P., D.B. Rouse & K.R. McLain. 1995. *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae): A Comparative Review of Biological Traits Relating to Aquaculture Potential. Freshwater Crayfish, (VIII): 495 – 503.

Sheen, S.D.J. y L. D´Abramo. 1996. Requerimientos Nutricionales, Formulación de Dietas, y Prácticas Alimenticias para el Cultivo Intensivo del Langostino de Agua Dulce *Macrobrachium rosenbergii*, Pp 81-101 En: Mendoza, R., S.E. Cruz, y D. Rique (Comps.). Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, Monterrey, N.L., México.

- Sheen, S.S. & S.W. Wu. 1999. The Effects of Dietary Lipid Levels on the Growth Response of Juvenile Mud Crab *Scylla serrata*. *Aquaculture*, (175): 143- 153.
- Shiau, Shi-Yen. 1998. Nutrient Requirements of Penaeid Shrimps. *Aquaculture*, (164): 77-93.
- Sokal, R. R. & F.J. Rohlf. 1981. *Biometry. The Principles and Practices of Statistics in Biological Research*, 2nd ed. Freeman, New York, 859 p.
- Sudaryono, A., M.J. Hoxey, S.G. Kailis & L.H. Evans. 1995. Investigation of Alternative Protein Sources in Practical Diets for Juvenile Shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, (134): 313 – 323.
- Tacón, A.G.J. 1990. *Standard Methods for the Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp. Volume 3. Feeding Methods*. Argent Laboratories Press, Redmond, Washington, USA, 208 P.
- Tacon, A.G.J & D.M. Akiyama. 1997. Feed Ingredients. In: D'Abrahamo, R.L., E.D. Colvin & D.M. Akiyama (Eds.). *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture Society*, (6): 411-472. Louisiana. USA.
- Tacon, A.G.J. & I.P. Forster. 2000. Trends and Challenges to Aquaculture and Aquafeed Development in the New Millennium. 7-12. 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 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.*

- Tidwell, J.H., C.D. Webster & S.D. Coyle. 1996. Effects of Dietary Protein Level on Second Year Growth and Water Quality for Largemouth Bass (*micropterus salmoides*) Raiced in Ponds. *Aquaculture*, (145): 213 – 223.
- Villarreal H., 1988. Culture of the Australian Freshwater Crayfish *Cherax tenuimanus* (Marron) in Eastern Australia. *Freshwater Crayfish*, (VII): 401 – 408.
- Villarreal, H. 1989. Feeding, Growth and Energetic of the Freshwater Crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith) with Special Emphasis on its Potential for Commercial Culture. Ph.D. Thesis, U. of Queensland. 249 Pp.
- Villarreal, H. 1995. Utilización de la Langostilla en la Acuicultura. En: Auriolos-Gamboa, D. 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.
- 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 y Acuacultivos Santo Domingo. 250 Pp.
- Villarreal, H., Naranjo, J. Hinojosa, P. 1999. Effect of density on the growth, survival and biomass production of the Australian freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Redclaw) in gravel lined ponds in Ecuador. In: Annual International Conference and Exposition of the World Aquaculture Society, 26 April-2 May, Sydney, Australia. Book of abstracts.
- Yousif, O.M., M.F. Osman, A.A. Anawhi & T. Cherian. 1996. Optimum Protein-to-Energy Ratio for Two Size Groups of Rabbitfish, *Siganus Canaliculatus* (Park). *Aquaculture Nutrition*, (2): 229-233.

Yúfera, M., C. Fernández-Díaz, E. Pascual, M.C. Sarasquete, F.J. Moyano, M. Díaz, F.J. Alarcón, M. García-Gallego & G. Parra. 2000. Towards an Inert Diet for First-feeding Gilthead Seabream *Sparus aurata* L. larvae. *Aquaculture Nutrition*, (6): 143 -152.

ANEXO I

Biología de *C. quadricarinatus*

1. Cefalotórax

El cefalotórax comprende a la cabeza y el tórax, con una protuberancia en forma de punta que se encuentra al frente, el *rostrum* o rostro. Se extiende hacia la región posterior y lateralmente para formar las crestas post orbitales las cuales protegen a los ojos pedunculados. Externamente, la línea cervical indica la división entre la cabeza y el tórax. La superficie dorsal anterior del cefalotórax tiene 4 protuberancias que le dan su nombre científico "*quadricarinatus*" (Villarreal y Peláez, 1999; Naranjo 1999).

A pesar de tener ojos prominentes, su campo visual es relativamente pobre, siendo las antenas y anténulas los principales órganos sensoriales. Estos son los que detectan el alimento y las condiciones de calidad de agua (Naranjo 1999).

En la cabeza, se encuentran cinco pares de apéndices; las antenas, las anténulas, las mandíbulas, las maxilas y las maxilulas. La región torácica, presenta ocho secciones o somitas: Tres pares de maxilípedos y 5 pares de pereiópodos. El orificio genital de la hembra se localiza en el coxopodito del 3^{er} par de pereiópodos. En los machos, en el 5^{to} par de pereiópodos se encuentran los dos penes. Las mandíbulas, son el principal apéndice para el corte del alimento a piezas de tamaño adecuado para la ingestión. El segundo maxilípedo, manipula el alimento y da origen a branquias largas (Jones, 1990; Villarreal y Peláez, 1999; Naranjo 1999).

El primer pereiópodo es largo y con quelas grandes, su función principal es la defensa y establecer jerarquía, presenta una branquia en la base, lo que indica participación en la

respiración. El segundo y tercer par pereiópodos tienen branquias basales y quelas. Su función principal es la recolección del alimento, mientras que el cuarto y quinto par de pereiópodos que terminan en una espina redondeada, tienen como función principal la locomoción (Villarreal y Peláez, 1999).

2. Abdomen

El abdomen está formado por seis somitas articuladas que terminan en el telson donde se localiza el orificio anal. Los apéndices que salen de cada somita son los pleópodos cuyas funciones incluyen; la cópula, la circulación del agua, en las hembras la retención de los huevecillos y algunas veces la natación. Los urópodos y el telson proporcionan un mecanismo eficiente de retro-propulsión, que se utiliza casi exclusivamente como respuesta de escape, además sirven para conformar la cámara de reproducción durante la incubación de los huevos.

3. Anatomía funcional

En el aparato digestivo de la langosta la sección anterior o *estomodeum* cuenta con un estómago quitinoso que contiene un par de discos calcáreos, los gastrolitos. Estos, junto con la hemolinfa, constituyen la fuente principal de calcio antes de la muda. El calcio es absorbido del exoesqueleto en un proceso inmediato a la muda, para formar los gastrolitos. En las etapas inter-muda, los gastrolitos son pequeños, mientras que inmediatamente antes de la muda incrementan significativamente su tamaño. La sección media o pilórica, cuenta con dientes poderosos que constituyen el molino gástrico. La sección posterior tiene una gran cantidad de vellosidades encargadas de la filtración de los nutrientes. El hepatopáncreas, se compone de conductos cerrados y túbulos donde se realiza la secreción de enzimas digestivas y la absorción de algunos nutrientes. El intestino posterior o proctodeum se localiza en la porción superior del músculo abdominal, las paredes internas tienen seis dobleces longitudinales y termina en el orificio anal que se encuentra localizado en el telson. Una vez que los nutrientes pasan por las paredes del intestino llegan a la hemolinfa que tiene una distribución difusa entre los órganos (Villarreal y Peláez, 1999).

ANEXO II

Determinación de humedad: por diferencia de peso inicial y final después de colocar las muestras en estufa a 70 °C por 24 h.

Determinación de proteínas: Por el método de Microkjeldahl. El análisis se cuantifica en función del Nitrógeno presente en la muestra. El principio técnico es una digestión ácida de la muestra, seguida de una destilación del amoniaco y titulación del mismo. El porcentaje de Nitrógeno (%N) es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(V2-V1) \times N \times Me}{W} \times 100$$

Donde:

$V1$ = ml de HCl utilizados en blanco,
 $V2$ = ml de HCl utilizados en muestra,
 N = Normalidad de HCl utilizado,
 Me = Mili equivalente de HCl,
 W = Peso en gramos de la muestra.

El porcentaje de proteína (% P) se define como:

$$\%P = (\%N) \times 6.25$$

Determinación de lípidos: Por el método de Soxhlet, basándose en la extracción de lípidos por reflujo continuo con éter de petróleo durante 6 horas.

Determinación de fibra: Por hidrólisis sucesiva utilizando ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 1.25 % y NaOH al 1.25 %, con posterior calcinación.

Determinación de cenizas: Calcinación en mufla a 550 °C.

Determinación de extracto libre de nitrógeno: Por diferencias a 100 % de los valores obtenidos en cada análisis químico.