



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
de Cd. Constitución

“TASA METABÓLICA ESTÁNDAR Y PUNTO
CRÍTICO DE OXÍGENO DE JUVENILES DE LA
LANGOSTA DE AGUA DULCE
Cherax quadricarinatus”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA:

Erika Torres Mendoza

Cd. Constitución, Baja California Sur. Junio de 2007.

DEDICATORIA

**Con todo mi amor y en Agradecimiento
a Dios**

A mi madre Rosa linda

A mi tío Martin

**Al Clan:
JADLF TORRES
Por su amor**

A ti amor por tu comprensión

A ti † donde quiera que te encuentres.

AGRADECIMIENTOS

- Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., (CIBNOR), por facilitara el acceso a sus instalaciones para la realización la investigación experimental
- Al Dr. Humberto Villarreal Colmenares, por hacerme partícipe en el Proyecto Ac2.1 denominado "Optimización de la Tecnología para la Producción de la Langosta de Agua Dulce *C. quadricarinatus*", así como por su apoyo.
- A los M. C. Diana Patricia Carreño León por su esfuerzo y participación en revisión y analisis de tesis y Armando Monge Quevedo por su participación cuando se necesito de su apoyo.
- Al MC. JOSE NARANJO por prestarme atención.
- A los encargados del Laboratorio de Bioquímica Fisiológica, M.C. Roberto Hernández Herrera y Técnico de Apoyo Daniel Ceseña Ojeda por su apoyo.
- A los encargados del Laboratorio de Análisis Químico del Agua M.C. Iban Murillo Murillo, así como a su compañera, B.Q. Celina Beltrán por haber brindado su apoyo para la elaboración de análisis del agua
- Al Dr. Ángel Campa, por la asesoría (Lab. Hepatología) y por prestarme atención y apoyo.

- A la Dra. Lucia Ocampo, por dedicar el tiempo necesario para capacitarme en la utilización de su equipo y obtención de resultados.
- Al M.C. Armando López, por dedicarme el tiempo necesario para asesorarme en algunos detalles.
- A Gloria Yadhira Hinojos Santana, por su participación y por soportar mi ritmo de trabajo.
- A mis amigos y compañeros de Licenciatura, por prestarme su atención y ayuda cuando los necesite. A Rigoberto Camarillo por ayudarme en las labores pesadas, a Blanca Murillo, a Lucina Ledesma. Con aprecio los recordare, por haber pasado momentos juntos
- A los maestros del Instituto Tecnológico por su apoyo y revisión de tesis así como la aprobación de la misma.
- A mi asesor interno Fernando Vázquez Magaña, por su participación en la revisión del documento de tesis.

CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
CONTENIDO.....	IV
LISTADO DE FIGURAS Y GRÁFICAS	VII
LISTADO DE TABLAS	IX
1 RESUMEN	1
2 ABSTRACT	3
3 INTRODUCCIÓN	5
3.1 ACUACULTURA	5
3.2 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE.....	6
3.2.1 <i>Distribución</i>	6
3.2.2 <i>Clasificación taxonómica</i>	7
3.2.3 <i>Fisiología y morfología</i>	7
3.2.4 <i>Ciclo de vida</i>	9
3.2.5 <i>Requerimientos nutricionales</i>	9
3.2.6 <i>Hábitos y conducta</i>	10
3.3 SISTEMA DE CULTIVO.....	11
3.3.1 <i>Cultivo Extensivo</i>	11
3.3.2 <i>Cultivo Semi-Intensivo</i>	11
3.3.3 <i>Cultivo Intensivo</i>	12

3.4	METABOLISMO EN DECÁPODOS	12
3.4.1	<i>Metabolismo energético</i>	12
3.4.2	<i>Almacenamiento de energía</i>	13
3.4.3	<i>Calorimetría y metabolismo</i>	15
3.4.4	<i>Oxígeno disuelto</i>	16
4	ANTECEDENTES	19
4.1	NUTRICIÓN.....	19
4.2	USO DE PROBIÓTICOS	21
5	OBJETIVO GENERAL	25
5.1	OBJETIVOS PARTICULARES.....	25
6	JUSTIFICACIÓN	26
7	METODOLOGÍA	28
7.1	CRECIMIENTO DE JUVENILES EN DIFERENTES CONDICIONES NUTRICIONALES ..	28
7.1.1	<i>Obtención y aclimatación de los organismos</i>	28
7.1.2	<i>Diseño experimental</i>	29
7.1.3	<i>Parámetros evaluados</i>	31
7.2	OBTENCIÓN DE TASA METABÓLICA Y PUNTO CRÍTICO DE JUVENILES	32
7.2.1	<i>Montaje del sistema</i>	32
7.2.2	<i>Selección de organismos</i>	33
7.2.3	<i>Determinación de tasa metabólica y punto crítico</i>	33
7.2.4	<i>Parámetros evaluados</i>	34
7.3	ANÁLISIS DE DATOS	35
8	RESULTADOS	36
8.1	CRECIMIENTO DE JUVENILES EN DIFERENTES CONDICIONES NUTRICIONALES ..	36
8.2	EVALUACIÓN DE TASA METABÓLICA Y PUNTO CRÍTICO DE JUVENILES	38
9	DISCUSIONES	43
9.1	CRECIMIENTO DE JUVENILES EN DIFERENTES CONDICIONES NUTRICIONALES ..	43

9.2	EVALUACIÓN DE TASA METABÓLICA Y PUNTO CRÍTICO DE OXÍGENO DE JUVENILES	46
10	CONCLUSIONES	52
11	BIBLIOGRAFÍA	53

LISTADO DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura 1. Morfología de la langosta de agua dulce, (Jones, 1990a).....	8
Figura 2. <i>Cherax quadricarinatus</i>	8
Figura 3. Diagrama Conceptual de la relación entre la tensión de oxígeno ambiental y el consumo de este por <i>Cherax quadricarinatus</i> (Modificado de Seidman y Lawrence, 1985).....	17
Figura 4. Mantenimiento de organismos previo al experimento	28
Figura 5. Diseño experimental par prueba con dietas	29
Figura 6. Tratamientos nutricionales (a) Dieta 1. Peletizado con 35% de proteínas y adición de microalgas, (b) Dieta 2. Peletizado con 35% de proteínas y adición de probiótico enriquecido con harina de trigo y (c) Dieta control. Peletizado con 35% de proteínas.....	30
Figura 7. Toma de parámetros (a) Toma de oxígeno, (b) Biometría, (c) Toma de temperatura y pH.....	30
Figura 8. Organismos 24 horas antes de la evaluación metabólica	33
Figura 9. Evaluación de consumo de Oxígeno (a) y (b) respirómetros y (c) Oxímetro	34
Gráfica 1. Crecimiento de juveniles de <i>C. quadricarinatus</i> sometidos a 3 tratamientos nutricionales: Dieta 1. Adición de microalgas mas peletizado con 35% de proteínas , Dieta 2. Adición de probiótico enriquecido con harina de trigo mas peletizado con 35% de proteínas y Dieta control, peletizado con 35% de proteína	37

Gráfica 2. Consumo de oxígeno de juveniles de <i>C. quadricarinatus</i> para obtención de tasa metabólica estándar y punto crítico. (a) Réplica 1 y (b) réplica 2 de la dieta con microalga.	40
Gráfica 3. Consumo de oxígeno de juveniles de <i>C. quadricarinatus</i> para obtención de tasa metabólica estándar y punto crítico. (a) Réplica 1 y (b) réplica 2 de la dieta con probiótico enriquecido con trigo.....	41
Gráfica 4. Consumo de oxígeno de juveniles de <i>C. quadricarinatus</i> para obtención de tasa metabólica estándar y punto crítico. (a) Replica 1 y (b) replica 2, de la dieta control.....	42

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales de crecimiento y eficiencia de juveniles de <i>C. quadricarinatus</i>	38
Tabla 2. Metabolismo de juveniles de <i>C. quadricarinatus</i> bajo tratamientos nutricionales	39

1 RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio experimental en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), La Paz B.C.S. con el objetivo de evaluar la tasa metabólica estándar y punto crítico de oxígeno, en juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* de 1.5 ± 0.3 g. Para este efecto, se evaluaron 2 dietas experimentales: dieta 1, adición de microalgas, dieta 2, adición de probiótico enriquecido con harina de trigo, como fuente de carbono y la dieta control, que consistió en la alimentación con paletizado comercial para camarón con un 35% de proteínas. Este trabajo se dividió en 2 fases experimentales. En la primera fase, se evaluó el efecto de las dietas sobre indicadores de crecimiento y supervivencia, utilizando un sistema de acuarios de fibra de vidrio como unidades experimentales, en donde fueron probadas las dietas por 69 días. Como efecto de los tratamientos nutricionales, solo se obtuvieron diferencias significativas en el peso promedio obtenido al final del experimento que fue significativamente menor ($p < 0.05$) para la dieta 2. En términos de FCA, no se obtuvieron efectos significativos entre los tratamientos, sin embargo este factor fue menor para la dieta 1. En general para esta primera fase experimental, se puede concluir que la dieta 2 presentó un menor rendimiento productivo.

En la segunda fase experimental, una vez concluida la evaluación de dietas, se determinó la tasa metabólica estándar y el nivel crítico de oxígeno, como un indicador del estado fisiológico de los organismos y el efecto de la dieta a la cual fueron sometidos. Se evaluó la tasa metabólica por respirometría, como método indirecto. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la tasa metabólica estándar entre las dietas experimentales, siendo los juveniles de la dieta

2 quienes presentaron un mayor consumo de oxígeno y por ende una tasa metabólica mas elevada (0.20 ± 0.06 mgO₂/g/h). Sin embargo el nivel de oxígeno crítico fue significativamente menor ($p < 0.05$) para esta misma dieta. El rango crítico de oxígeno obtenidos van de 1.0 a 1.44 mg/L.

Estos resultados muestran que la langosta de agua dulce, *Cherax quadricarinatus*, puede ser alimentada combinando dietas peletizado-microalgas, obteniendo buenos resultados en crecimiento, supervivencia y eficiencia energética.. incluso, sugieren que los juveniles de *Cherax quadricarinatus* pueden compensar metabólicamente niveles críticos de oxígeno.

2 ABSTRACT

An experimental study was conducted to evaluate the metabolic rate and oxygen critical point, in juveniles of the spawn *Cherax quadricarinatus* at Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) in La Paz, B.C.S., México. Juvenile between average weight 1.5 ± 0.3 g were fed at two experimental diets: diet 1, live microalgae plus commercial pellet (35% of protein); diet 2, live probiotic plus wheat flour as carbon source and commercial pellet; juvenile exposed to control diet, were fed only with commercial pellet. This study were divided in two experimental phases: first phase, diet effect on growth and survival parameters were evaluated during 69 days, using a fiberglass aquarium system as experimental units. Results from nutritional treatments, juvenile exposed to diet 2, showed significant decrease ($p < 0.05$) on growth than control group. There were no significant differences on feed conversion ratio (FCR) between treatments and control diet. However, FCR average values at diet 1, were lower than control group. In conclusion from the first experimental phase, diet 2 showed lower growth gain. Once diet evaluation concluded, On second experimental phase, standard metabolic rate and critic oxygen level were evaluated as an physiological indicator on juvenile *C. quadricarinatus* and the diet effect performed on first phase was also compared. Metabolic rate was determined by direct breath method. Results showed significant differences ($p < 0.05$) on metabolic rates between treatments. Juvenile fed with diet 2 showed higher oxygen consumption rate and, in consequence, higher metabolic rate (0.20 ± 0.06 mgO₂/g/h). However, critic oxygen level on diet 2 were significantly lower ($p < 0.05$) than control group. Critic oxygen range observed were from 1.0 to 1.44 mg/L. The present results showed an enhancement on growth, survival and energy efficiency on juvenile *C. quadricarinatus* fed with mixed diets composed by live microalgae and

commercial pellet. In addition, this study suggests an important metabolic compensation of critic oxygen level on juvenile *C. quadricarinatus* fed with diet 2.

3 INTRODUCCIÓN

3.1 ACUACULTURA

La acuacultura en México es una alternativa en desarrollo con gran potencial, que permitirá en el mediano plazo disminuir la dependencia a la captura de organismos silvestres. Esta actividad se ha enfocado principalmente hacia el cultivo de camarón y ostión, sin embargo, se espera que a medida que su práctica aumente se logre diversificar hacia otras especies con igual o mayor potencial de mercado, tanto de especies marinas como dulceacuícolas (Villarreal y Peláez, 1999). La langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, es una de las especies con un mayor potencial para la acuacultura en México, fue introducida a nuestro país en los años noventas y se cultiva principalmente en la región noroeste (Cortes-Jacinto *et al.*, 2003).

Existen más de 100 especies descritas de Crayfish pertenecientes a diez géneros diferentes, algunas de ellas se encuentran entre las langostas más grandes del mundo (William, 1980; Huner, 1994). El interés del cultivo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* es de producir una langosta de gran tamaño para su comercialización, lo que ha sido posible solo con especies nativas de Australia. Las cosechas comerciales de otras especies alrededor del mundo generalmente producen organismos de menos de 60 g de peso total, por otro lado algunas especies de langosta Australiana crecen a pesos superiores a 2 kilos.

Entre las especies de langostas, se encuentran la langosta marrón (*C. tenuimanus*), la langosta espinosa de Tasmania (*Atacopsis gouldi*), la langosta espinosa de Queensland (*Enastacus hystricosus*), la langosta espinosa de New Out Wales (*E. valentulus*) y la langosta del murria River (*E. armatus*).

De las langostas mencionadas, solo la marrón ha sido estudiada y cultivada comercialmente (Villarreal y Peláez; 1999). Evaluaciones del potencial del cultivo de las cuatro especies mencionadas anteriormente han indicado que son poco adaptables al manejo en cautiverio presentando diversos problemas: un lento crecimiento, maduración sexual retardada (2-5 años), un solo ciclo reproductivo por año, bajo rendimiento de músculo (inferior al de 25% del peso total), altas tasas de canibalismo y además excavan huecos en el fondo afectando el proceso de cosecha. Cabe señalar que estos no son todos los factores a contemplar para definir el potencial para la acuicultura de una especie, sin embargo si son de los más importantes (Villarreal y Peláez; 1999).

Para el caso de la langosta de agua dulce *C. quadricarinatus* sus principales ventajas biológicas para la acuicultura son: Alta velocidad de crecimiento, ciclo de vida simple, fácil reproducción, no tiene problemas significativos de enfermedades, es fisiológicamente robusta (puede sobrevivir en aguas con bajo nivel de oxígeno), temperaturas de 22-33° C y no excavan agujeros para su protección.

3.2 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE

3.2.1 Distribución

La langosta Australiana *Cherax quadricarinatus* se distribuye en la región tropical del Noroeste de Australia (Jones y Ruscoe 1996; Jones y Ruscoe 2000) que se ubica en el Estado de Queensland cercano a la parte del golfo de Carpintería y al Cabo

York, en las costas al Oeste del Golfo de Darwin y el Sureste de Nueva Guinea (Jones 1990a).

3.2.2 Clasificación taxonómica

Reino	Animal
Phyllum	Arthropoda
Subphyfillum	Crustácea
Clase	Malacostraca
Superorden	Eucarida
Orden	Decapada
Suborden	Macrura Repantia (Bouvier, 1917)
Infraorden	Astacidea (Latreille, 1802)
Superfamilia	Parastacoidae (Huxley, 1878)
Familia	Parastacidae (Huxley, 1878)
Género	Cherax (Ericsson, 1846)
Especie	Cherax quadricarinatus

La mayor diversidad de la familia Parastacidae esta en Australia, con 9 de los 14 géneros identificados (Williams, 1980; Huner 1994; Crandall *et al.*, 1999). Los parastacidos Australianos se encuentran representados por tres géneros; Cherax (Erichson, 1846), Engaeus (Erichson, 1846) y Euastacus (Clark, 1936, y Austin, 1995). Dentro del genero *Cherax*, 43 especies han sido descritas por Crandall *et al.* (1999).

3.2.3 Fisiología y morfología

La langosta Australiana *Cherax quadricarinatus* (Figura 1) es una especie tolerante a variaciones ambientales, ha evolucionado como un animal resistente a intervalos de temperaturas de 23 a 31 °C, (King, 1994; Jones, 1999), con un óptimo de 27°C (Jones, 1988), y se reproduce a temperaturas superiores a 23°C (Yeh y Rouse,

1995). Se desarrolla a niveles de dureza del agua superior a 150 mg/l de CaCO_3 a pH entre 7 y 8.5, y una concentración de oxígeno superior a 4 mg/l (Villarreal, 2000). Por otro lado, es capaz de tolerar aguas salobres sin afectar su crecimiento (Jones, 1990; Villarreal y Peláez, 1999). Esta capacidad adaptativa la hace una especie ideal para su cultivo en diversas regiones en México.

El color de su exoesqueleto es generalmente 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 2), de esta se deriva su nombre común quela roja (redclaw). Las diferencias morfológicas entre hembras y machos son fácilmente distinguibles, ya que la quela del macho adulto (20 g. de peso) es relativamente mas grande (Naranjo, 1999; Villarreal y Peláez, 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).

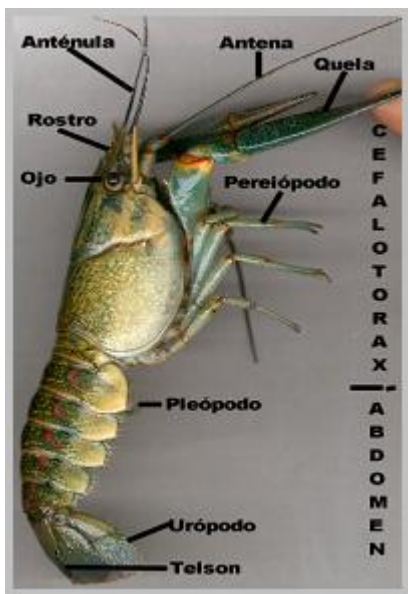


Figura 1. Morfología de la langosta de agua dulce, (Jones, 1990a)



Figura 2. *Cherax quadricarinatus*

3.2.4 Ciclo de vida

La principal ventaja para la acuicultura de la langosta de agua dulce, en comparación a otras especies, es que presenta un ciclo de vida simple (Jones y Ruscoe, 1996; Lawrence y Jones 2002). La característica mas destacada es la ausencia de estadios larvales libres (Villarreal, 2000). Bajo condiciones apropiadas de hábitat y disponibilidad de alimento los organismos alcanzan una talla de 0.5 -1 g en un periodo de 50-60 días, alcanzando la madurez sexual en 5-7 meses y 50-100 g en un periodo de 6-12 meses (Sammy 1988; Medley *et al.*, 1994). Una talla máxima probablemente se alcanza en un periodo de 4 a 5 años (Hobbs, 1988; Jones, 1990).

3.2.5 Requerimientos nutricionales

La nutrición comprende los procesos químicos y fisiológicos que proveen de nutrientes a un animal para sus funciones normales, de mantenimiento y crecimiento. Por lo tanto involucra la ingestión, digestión, absorción, transporte de nutrientes y por ultimo la eliminación de desechos (Akiyama *et al.*, 1991; Zendejas 1991; Cortés 1993; D'Abramo y Castell 1996; Villarreal y Peláez, 1999). Las proteínas, carbohidratos, lípidos, mineral, vitaminas, así como la energía; deben estar presentes en la dieta (Kanazawa 1985; Tacon 1990; Akiyama *et al.*, 1991; Kanazawa, 1992; Evans 1992; Guillaume 1997; Shiau 1998). Algunos de estos nutrientes son obtenidos del ambiente natural por los crustáceos en cultivo (Akiyama *et al.*, 1991), proporcionado por productividad primaria, secundaria y el bentos (Tacon y Akiyama, 1997; Martínez-Córdova, 1998a; Martínez – Córdova *et al.*, 2002b).

Los alimentos peletizados complementan al alimento natural, dando lugar así a un incremento en la capacidad de producción de la especie en cultivo. Sin embargo, la

alimentación constituye uno de los costos mas altos de la producción acuícola (Villarreal, 1995; Jones *et al.*, 1996a; Matinez-Cordova *et al.*, 2002; Kureshy y Davis 2002), y dado que en condiciones de cultivo, existe una gran limitante en la obtención de alimento, es necesario desarrollar dietas efectivas y económicas, siendo esto un requisito esencial para el éxito del cultivo (Fernández *et al.*, 1987; Ackefors *et al.*, 1992; D' Abramo y Sheen, *et al.*, 1999; Jones *et al.*, 1996a; Cruz *et al.*, 2002).

Actualmente, debido a la importancia de los nutrientes en el alimento y dada la poca información que existe al respecto de la nutrición para la langosta de agua dulce, es indispensable realizar mas estudios que nos permitan determinar los requerimientos nutricionales de la especie (Webster *et al.*, 1994; Meade y Watts, 1995; Jones y Ruscoe, 1996; Jussila, 1997; Villarreal y Peláez 1997; Webster *et al.*, 2002), para ello es importante tomar en cuenta que la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, presenta hábitos alimenticios omnívoros con tendencia ha ser carnívoro oportunista.

En la dieta de los juveniles de *C. quadricarinatus*, se encuentran cladóceros, copépodos, gusanos del fango y larvas de insectos que son capturados directamente del medio con la ayuda de las quelas y pereiópodos. A través de mecanismos de filtración ingieren algas como diatomeas y *Chorella Sp.*, además de otras pequeñas partículas orgánicas, (Abrahmsson, 1996).

3.2.6 Hábitos y conducta

De acuerdo a observaciones de Jones (1990b) y Gherardi (2002), se sabe que existen dos picos de intensa actividad durante el día; el mas intenso se encuentra entre las 18 horas y la media noche, y el segundo es justo antes de amanecer, los cuales están condicionados por la intensidad luminosa. Por otro lado la langosta *Cherax quadricarinatus* en su fase adulta presenta una conducta excavadora

mostrada en estanques o en el medio natural que involucra la construcción de madrigueras en forma de “U” (Gherardi, 2002), generalmente no mayores a 5 cm de profundidad los cuales son predominantes ocupados de forma individual (Jones, 1990b).

3.3 SISTEMA DE CULTIVO

Actualmente se conocen varios tipos de cultivo para acuicultura, de los cuales se distinguen tres estrategias principales de producción, y su clasificación se debe esencialmente al tipo de manejo que se le da al sistema y las características del mismo, en este sentido se sabe que entre mas intensivo es el cultivo, el nivel de control requerido para calidad de agua es mayor (Barrena *et al.*, 1986):

3.3.1 Cultivo Extensivo

Los animales son cultivados a muy baja densidad debido a que no se les adiciona alimento artificial ni se aplica ningún método para mejorar la calidad de agua del cultivo. Los niveles de producción son variables y bajos, pudiendo fluctuar entre 10 y 500 kg/ha (Rosenberry, 1989).

3.3.2 Cultivo Semi-Intensivo

Para este tipo de cultivo se cuenta con estanques pequeños, parte de las necesidades alimenticias son proporcionadas por alimentos artificiales. Generalmente se aplican recambios de agua del 10 al 20% diarios o bien se aplican métodos mecánicos de aireación que funciona intermitente con lo cual se pueden duplicar las cifras de producción del cultivo extensivo (Rosenberry, 1989).

3.3.3 Cultivo Intensivo

En este tipo de cultivo se requiere un control de las condiciones ambientales muy estricto, se debe proporcionar un alimento nutricionalmente balanceado dado que los animales prácticamente no extraen alimentos naturales del estanque. Es obligatoria la eliminación continua de metabolitos mediante la acción de sistemas purificadores de agua más o menos sofisticados (Rosenberry, 1989). Para la langosta se reportan producciones, que en algunos casos superan los 1500 Kg/Ha/año.

3.4 METABOLISMO EN DECÁPODOS

3.4.1 Metabolismo energético

El metabolismo energético, es la sumatoria de todas las reacciones químicas que ocurren dentro de un organismo. Tales reacciones se deben a los procesos que ocurren con el anabolismo y el catabolismo. Generalmente Los animales vivos son considerados como un sistema abierto el cual intercambia materia y energía con el medio ambiente. Los animales obedecen a las leyes de conservación y transformación de la masa y la energía, midiendo la energía que entra y sale de un organismo y tomando en cuenta cualquier almacenamiento de esta, ya que la energía excretada no se pierde, solamente se encuentra disponible para ser procesada a través del metabolismo del organismo (Primera Ley de la termodinámica), (Wilson, 1979).

En este mismo sentido, la energía química implica una serie de procesos que tienen lugar en el metabolismo de los organismos, entre ellos la digestión, absorción, almacenamiento de energía para el trabajo y el calor (Randall *et al.*, 1998). Generalmente los organismos, tienden a ser susceptibles a cambios físicos y

químicos, por lo que se considera que la sobrevivencia y desarrollo de una especie están íntimamente relacionados con el almacenamiento, la reorganización y el empleo de energía, por lo cual es importante determinar su balance energético, principalmente como efecto o respuesta de un organismo y sus adaptaciones a diversas fluctuaciones ambientales (Kurmaly *et al.*, 1989).

3.4.2 Almacenamiento de energía

Los animales no pueden utilizar de inmediato toda la energía de los nutrientes que han ingerido, ni pueden ingerir alimento cada vez que requieran energía, por lo tanto tienen la capacidad de almacenar algunos nutrientes como una reserva energética. Debido a la interconversión de las moléculas, cualquier exceso de carbohidratos o proteínas en la dieta puede ser convertido en grasa para ser almacenada en los tejidos adiposos, esto debido a que las proteínas no podrían constituir una buena forma de almacenar energía, ya que el nitrógeno es un elemento relativamente escaso en el medio y es con frecuencia un factor limitante en el crecimiento y la reproducción animal. Una de las principales fuentes de almacenamiento de carbohidratos es a través de la molécula de glucógeno (Olsson y Saltin, 1968).

Una vez que los nutrientes son requeridos para llevar a cabo los procesos de la vida de un organismo, son convertidos en energía a través de reacciones químicas englobadas dentro del proceso del metabolismo (Eckert *et al.*, 1989). El metabolismo puede ser dividido en:

Tasa metabólica (TM). Se define como la energía metabólica liberada por unidad de tiempo.

Tasa metabólica estándar (TMS). Es conocida como el metabolismo mínimo de ayuno a una temperatura dada.

Tasa metabólica basal. Es la tasa metabólica de un organismo en reposo, en ayuno y que se encuentra realizando solo funciones vitales para la vida, como respiración, circulación, tono muscular etc.

Tasa metabólica activa. Es la tasa metabólica que se da en condiciones de actividad motora sostenida

Tasa metabólica rutinaria. Es definida como el oxígeno consumido durante actividad motora mínima y no controlada (Prosser, 1986).

Cuando se mide el metabolismo total de un animal, también se miden todas las diversas actividades que se están efectuando en el, sin embargo, existen muchos factores que pueden influenciarlo, como son los movimientos musculares, el esfuerzo muscular reciente, las fuertes emociones, ruidos, estrés por enfermedad, temperaturas extremas, reciente ingestión de alimento, edad, sexo, peso, estatura, clima, calidad de la dieta, reproducción, ritmo circadiano y estación del año (James *et al.*, 1998).

Para evaluar la tasa metabólica, ya sea entre individuos de una misma especie o entre especies distintas, se debe establecer una serie de condiciones para su evaluación. Estas condiciones deben asegurar que el organismo está bien desde el punto de vista fisiológico, psicológico y postural así como en un estado de reposo y tranquilidad. Bajo estas condiciones, el metabolismo alcanza una tasa mínima estable (James *et al.*, 1998).

Para aves y mamíferos, este estado metabólico mínimo se conoce como tasa metabólica basal (TMB) y se determina cuando el animal está en reposo y en ayunas para asegurar que sus procesos digestivos no estén funcionando, por lo que no requieren de un gasto de energía. Además el animal no debe estar sujeto a estrés térmico; es decir la tasa metabólica se mide cuando el organismo está a una temperatura ambiente normal de tal manera que no debe ser utilizada energía para la

regulación de la temperatura. Cuando el animal está bajo estas condiciones, el metabolismo energético se mide ya sea continua o periódicamente hasta que alcance un nivel mínimo estable (James *et al.*, 1998).

En animales poiquiloterms las tasas metabólicas dependen de la temperatura y por lo tanto no existe un estado metabólico que corresponda con la TMB de aves o mamíferos (James *et al.*, 1998). En otros organismos que no sean aves o mamíferos, el metabolismo mínimo de ayuno a una temperatura dada se conoce como la tasa metabólica estándar (TMS). Con fines comparativos la TMS suele medirse a una temperatura biológicamente significativa (James *et al.*, 1998).

3.4.3 Calorimetría y metabolismo

La tasa metabólica puede ser estimada por medio de calorimetría, en base a la cantidad de energía metabólica liberada. Son importantes todos los calores de combustión y oxidación de las sustancias, debido a que los animales obtienen su energía a través del metabolismo oxidativo (James *et al.*, 1989). Existen varios métodos calorimétricos para estimar la energía metabólica de sistemas vivientes.

a) Calorimetría directa

La calorimetría directa utiliza métodos que miden el contenido energético de un sistema (Wilson, 1979; Bradfiel y Llewellyn, 1982; Villarreal, 1989b). Por este método se determina la cantidad total de calor producida por el organismo, es decir, nos proporciona información de todo el combustible utilizado por el organismo. El calor producido por el organismo es medido por la diferencia de temperatura en el agua que circula por el calorímetro, (Wilson, 1979; Bradfiel y Llewellyn, 1982; Villarreal, 1989b). Sin embargo este método es poco empleado en acuicultura, ya que el

comportamiento y el metabolismo de un animal encerrado en una cámara, pueden no ser normales y la estimación metabólica no resulta apropiada (James *et al.*, 1998).

b) Calorimetría indirecta

La calorimetría indirecta es el método más comúnmente empleado para estimar la cantidad total de calorías producidas y gastadas, por el organismo en experimentación en un tiempo dado y la relativa participación de los tres macro nutrientes (carbohidratos, lípidos y proteínas) en este gasto (Simonson y DeFronzo, 1990). Por otro lado la calorimetría indirecta emplea métodos que determinan el valor de algunos factores relacionados a unidades de energía calorífica. Tales factores en sistemas vivos incluyen el consumo de oxígeno y liberación de bióxido de carbono (Wilson, 1979; Bradfiel y Llewellyn, 1982; Villarreal, 1989b).

Existen diversas técnicas experimentales para el control y medición del consumo de oxígeno en decápodos (Sutcliffe *et al.*, 1975; Hewitt, 1984; Swain *et al.*, 1987) a través de respirometría cerrada o abierta. Para la respirometría cerrada, se utiliza un volumen de medio respiratorio de manera continua sin reposición, mientras que para las técnicas de respirometría abierta el medio es repuesto continuamente (Cech, 1990).

3.4.4 Oxígeno disuelto

Para los acuicultores, es importante conocer los niveles mínimos de oxígeno disuelto (OD) requeridos para la sobrevivencia, crecimiento, desarrollo y actividad del organismo y su interacción con una variedad de condiciones ambientales (Seidman y Lawrence, 1985).

Dada la importancia que tiene el OD en el medio de desarrollo de los organismos, los niveles críticos de OD pueden ser determinados de las mediciones del consumo de oxígeno de los mismos (Fry, 1957) y el punto donde el organismo deja de conformar, y empieza a regular dependiendo de la disponibilidad de oxígeno disuelto del medio, denominado punto crítico (Pc), que generalmente es considerado como el inicio del nivel letal. Por debajo del Pc el animal puede sobrevivir por un corto período de tiempo antes de llegar a la muerte. Esto se describe mediante una curva sigmoideal asintótica, como se presenta en la figura 3, (Hoar, 1966; Prosser, 1986).

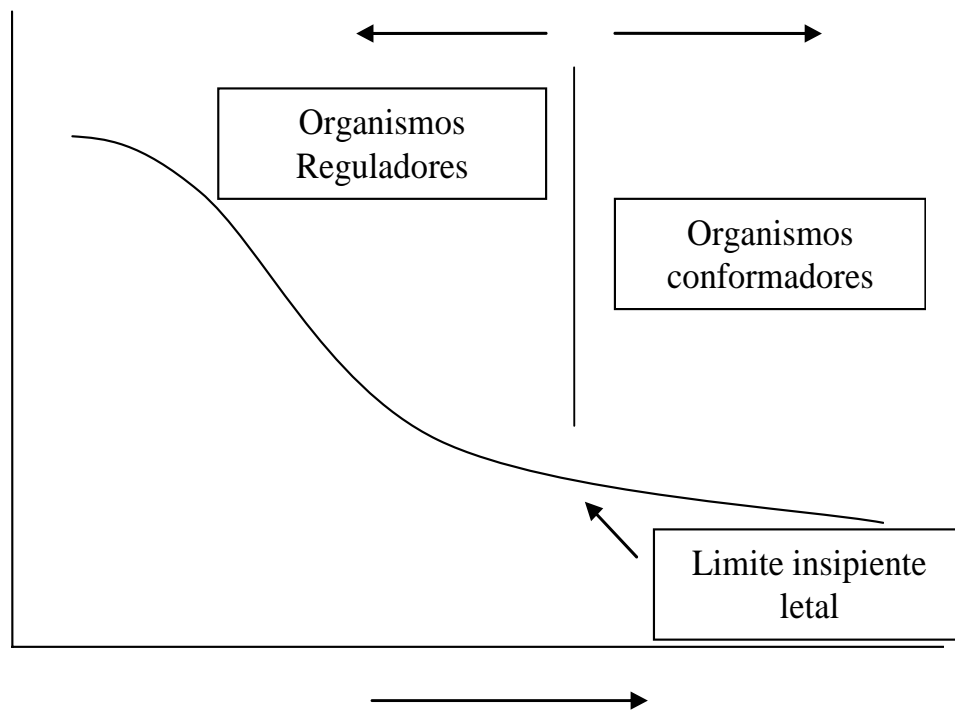


Figura 3. Diagrama Conceptual de la relación entre la tensión de oxígeno ambiental y el consumo de este por *Cherax quadricarinatus* (Modificado de Seidman y Lawrence, 1985)

La tolerancia a niveles bajos de OD varía con la especie (Broom, 1971 y Mackay, 1974), para pendidos se tienen reportes de que pueden tolerar niveles de OD cercanos a 2 mgO₂/l por 24 horas, sin embargo esto también puede variar por la

temperatura y el peso de los organismos (Kutty *et al.*, 1971; Newell, 1972); McMahon *et al.*, 1974; Kurmaly *et al.*, 1989; widdows *et al.*, 1989).

Otro de los factores que intervienen en el metabolismo es el peso del organismo, en este sentido, los animales pequeños poseen una tasa metabólica (masa-específica) superior a la de los animales grandes (Zeuthen, 1953; Hemmingsen, 1960; Brody, 1964; Prosser y Brown, 1968), este parámetro es importante conocerlo para organismos de diferente talla en una especie y para adultos de diferente especie. La relación entre el metabolismo (R) y el peso corporal (W) de un organismo es alométrica (Paloheimo y Dickie, 1966; Prosser, 1986) para varios invertebrados, vertebrados poiquiloterms, aves, mamíferos e incluso plantas.

La relación alométrica es generalmente muy estable y puede ser expresada por la función potencial $R = Aw^b$, donde R es el oxígeno consumido en un determinado tiempo, y W, el peso corporal (g) (Zeuthen, 1947). El exponente de peso varia de acuerdo a la composición del cuerpo y es constante para una especie (Prosser, 1986).

4 ANTECEDENTES

La producción de especies dulceacuícolas en nuestro país aun es incipiente (Jones, 1999), sin embargo, a principios de los noventas la Dirección de Acuicultura de la Secretaria de Pesca introdujo la langosta Australiana *Cherax quadricarinatus*, obteniéndose excelentes resultados en su cultivo, ya que gracias a su fisiología es capaz de adaptarse a un amplio intervalo de condiciones ambientales, como es la temperatura (22-33 °C) y salinidad (0-10 ups), es una especie capaz de tolerar concentraciones de oxígeno bajas (2 mg/l), lo cual se refleja en su alta sobrevivencia en cultivo y por lo que son consideradas de fácil manejo para su cultivo (Villarreal, 1995; Villarreal y Peláez, 1999).

En Baja California Sur, ya hay experimentos a nivel comercial, por lo que es necesario obtener mayor información acerca de la biología de la especie y sus condiciones de cultivo, a fin de obtener mejores resultados y mayores rendimientos.

4.1 NUTRICIÓN

Se ha reportado que para juveniles de *C. destructor* alimentado con artemia *Sp.* se obtiene un incremento en peso significativamente superior al 60% de un paletizado comercial para camarón (Verhoef *et al.*, 1998). Jones (1995), Loya-Javellana *et al.* (1995) y Barki *et al.*, (1997) reportan que la distribución espacial, así como la frecuencia y el tipo de alimentación afectan el desarrollo de la especie, en términos

de crecimiento y madurez sexual. Para *C. quadricarinatus* se han estudiado las respuestas de juveniles de diversas fuentes nutricionales, encontrando que las dietas desarrolladas para camarón y bagre con 35% de proteína cruda inducen niveles adecuados de crecimiento (Jones, 1989; Gu *et al.*, 1995; Meade y Watts, 1995; Anson y Rouse, 1996).

Sin embargo, aun no existe una evaluación sistemática de los requerimientos de proteína, carbohidratos y lípidos de la especie en función de su talla, peso, sexo y estado de desarrollo; conocimientos que se consideran necesarios y básicos para un cultivo exitoso. En este mismo sentido, los crustáceos como otros animales, necesitan proteína como fuente de aminoácidos para el crecimiento, la reproducción y el mantenimiento de sus funciones vitales. De manera natural, los animales acuáticos utilizan las proteínas y los triglicéridos para la obtención de energía (Lovell, 1991), ya que los carbohidratos al menos en los ambientes marinos casi no son utilizados.

Las dietas comúnmente utilizadas, contienen grandes cantidades de ingredientes de origen animal. Estas dietas al degradarse, generan varios tipos de metabolitos que pueden ser tóxicos, tales como aminos biogénicas que ejercen severos daños sobre el medio ambiente y los organismos sujetos a cultivos. Piedad-Pascual *et al.*, (1990) probaron el efecto del reemplazo de diferentes niveles de inclusión de harina de pasta de soya, en dietas experimentales probadas con *Panaeus monodón*. Ellos encontraron que se presentaron diferencias de crecimiento entre los niveles: 15, 20, 35, 45 y 55%; sin embargo, el mayor crecimiento lo presentaron los camarones alimentados con la dieta con un 35% de harina de pasta de soya y 16% de harina de pescado.

Dentro de los estudios que se han realizado a fin de evaluar la digestibilidad de fuentes animales y vegetales, se reporta para especies dulceacuícolas que ingredientes de origen vegetal como harinas de soya y trigo, son más digeribles que

los de origen animal como los de harina de calamar, camarón y pescado (Reigh *et al.*, 1990). Sin embargo los requerimientos nutricionales, así como la digestibilidad de los diferentes nutrimentos, varían con el estado de desarrollo de algunos crustáceos acuáticos (Smith *et al.*, 1985). Por ello es necesario conocer dichas variaciones a fin de formular dietas específicas para cada uso de estas etapas de desarrollo.

Para *Cherax quadricarinatus* se ha reportado mayor crecimiento en juveniles alimentados con las dietas de 37.3 y 44.3% de proteína cruda. Esto mismo también se reporta para *Cherax tenuimanus* que presenta un mejor crecimiento con dietas cuyo contenido protéico es alrededor de 40% (Morrisy, 1989; Villarreal, 1996).

4.2 USO DE PROBIÓTICOS

En acuicultura, el término probiótico se define como un suplemento microbiano formado por un cultivo simple o mixto de microorganismos seleccionados que son adicionados con el propósito de manipular las poblaciones bacterianas presentes en los sistemas de producción (Balcázar, 2002). Las bacterias presentes en los ecosistemas acuáticos pueden tener la habilidad de inhibir el crecimiento de otros microorganismos por producción de sustancias antimicrobianas (Lodeiros *et al.*, 1988; Fábregas *et al.*, 1991).

Se ha reportado el uso de probióticos como suplemento alimenticio en el cultivo animal desde 1970. Estos fueron originalmente incorporados en la alimentación para incrementar el crecimiento y mejorar la salud incrementando la resistencia a enfermedades. Los resultados obtenidos en muchos países han indicado que alguna bacteria incorporada por el uso de probióticos es capaz de estimular el sistema inmune (Fuller, 1992). El efecto benéfico de aplicación de bacterias benéficas en la nutrición para humanos, cerdos, aves y ganados ha sido bien documentado, sin

embargo el uso de probióticos semejantes en acuicultura es relativamente un nuevo concepto, con interés de beneficiar el crecimiento y supervivencia de larvas de pescado, crustáceos y ostras (Ali, 2000).

Por otro lado, se ha reportado que las bacterias podrían ser útiles, no solo como alimento, si no, como un controlador biológico de enfermedades en el pez y un activador de la regeneración de nutrientes (Yasudo y Taga, 1980). Esto fue solo en los 80's como primera publicación sobre el control biológico en acuicultura, y desde entonces los esfuerzos en investigación continuamente han incrementado (Verschuere, *et al.*, 2000).

Los crustáceos en general viven en un ambiente rico en microorganismos como protozoarios, microalgas, hongos, levaduras y bacterias. Algunos de estos organismos constituyen la microflora interna de los organismos (Bachère *et al.* 2004). En este sentido, los organismos tienen la capacidad para detectar y discriminar aquellos microorganismos benéficos y de los que son potencialmente peligrosos y patogénicos. Con la evolución, los animales silvestres han alcanzado un equilibrio con el ambiente y sus sistemas inmunes son capaces, de forma natural, de mantener las infecciones bajo control. Sin embargo, en acuicultura, los organismos son sometidos a un ambiente estresante y condiciones ecológicas que rompen seriamente el mantenimiento de su homeostasis.

En este mismo sentido, la intensificación de los cultivos van de la mano con altas poblaciones de organismos, desbalances ambientales, contaminación y desbalances nutricionales; todas estas condiciones favorecen el desarrollo de enfermedades. Por otro lado, en cultivo intensivo la acumulación de desechos orgánicos sobre el fondo de estanques afecta negativamente, debido a que la descomposición de los desechos promueve la baja de oxígeno y la acumulación de compuestos de desecho, como el amonio y el sulfuro de hidrógeno en la interfase sedimento-agua. Es por ello

la importancia de las bacterias en la descomposición de desechos orgánicos y el ciclo de los nutrientes.

Para la solución de problemas como enfermedades y desechos orgánicos producidos en acuicultura, se encuentran disponibles de manera comercial productos que contienen microorganismos involucrados en los procesos de degradación de los desechos para la aplicación de estanques de camarón y otras instalaciones acuícolas, pero a pesar de ello, el conocimiento de la eficacia de tales suplementos bacteriales, es limitado. Uno de los métodos de manejo con alto potencial para mejorar la producción y retención de nutrientes en el cultivo de camarón es la adición de un sustrato para el crecimiento bacteriano rico en carbón orgánico (glucosa, celulosa o harina de sorgo) con el objetivo de controlar la proporción de carbono/nitrógeno (C/N) (Avnimelech, 1999).

Se han reportado varios trabajos sobre el uso de bacterias no patógenas como un agente de control probiótico principalmente para camarón. Se ha evaluado el efecto antagónico de *Bacillus sp* contra *Vibrio sp* (Veseeharan y Ramasamy, 2003), para el control *Luminus vibrios* (Moriarty, 1999). Por otro lado, se han realizado estudios combinando el efecto de ozono y probióticos sobre la supervivencia en *Penaeus monodon* utilizando como probiótico *Bacillus S11* (Meunpol *et al.*, 2003). Se ha reportado el efecto de probióticos sobre el crecimiento, supervivencia y resistencia a *Vibrio* de *Penaeus monodon* (Rengpipat *et al.*, 2003).

En general, en la acuicultura existe diversos tipos de bacterias que han sido utilizadas; gran-positivas, *Carnobacterium inhibens* (Robertson *et al.*, 2000), así como bacterias gram(-), incluyendo *Vibrio alginolyticus* (Garriques y Arévalo, 1995) y *Pseudomonas sp.* (Alvandi *et al.*, 2004).

El interés de la aplicación de probióticos en la acuicultura se ha incrementado en los últimos años, por lo cual no solo se ha aplicado al cultivo de camarón. Existen reportes de su aplicación en ostras (Douillet y Langdon, 1994; Gibson, Woodworth y George, 1998; Gibson, 1999), en camarón *Litopenaeus vannamei* (Garriques y Arévalo, 1995), en bacalao Atlántico (Gildberg *et al.*, 1997), en Tilapia (Suyanandana, *et al.*, 1998), en trucha arcoiris (Gatesoupe, 1991; DeSchrijver y Ollevier, 2000) y Salmón (Roberson, *et al.*, 2000).

5 OBJETIVO GENERAL

Determinación de la tasa metabólica estándar y punto crítico de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*.

5.1 OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluación del crecimiento y supervivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, en cultivo intensivo bajo diferentes esquemas nutricionales.

Obtención de la tasa metabólica estándar de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, sometidas a cultivo intensivo con diferentes fuentes nutricionales.

Obtención del punto crítico de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus*, sometidas a cultivo intensivo con diferentes fuentes nutricionales

6 JUSTIFICACIÓN

En México, el cultivo de langosta de agua dulce *C. quadricarinatus*, ha recibido gran atención por acuacultores y agricultores de diversas regiones del país. Debido a todas las ventajas que presentan la especie relacionada con sus atributos físicos, biológicos y su excelente aceptación en el mercado nacional e internacional, que la convierten en una buena opción para ser cultivada con éxito.

La acuacultura de especies dulceacuícolas representa una alternativa para la optimización del uso del agua, así como para la reconversión productiva en algunas zonas en donde la producción agrícola es poco rentable. La langosta de agua dulce *C. quadricarinatus* ha demostrado su factibilidad de cultivo en aguas salobres (hasta 5 ups). Esto permite considerar el cultivo de la especie en zonas donde la salinidad de los pozos se ha incrementado a niveles inadecuados para la agricultura, como es el caso de Baja California Sur.

En Baja California Sur, existen regiones no aprovechadas en las que se puede permitir el establecimiento de manera redituable, de cultivos de langosta de agua dulce *C. quadricarinatus*, sin alterar el equilibrio de comunidades naturales y además, su establecimiento puede representar una alternativa para la diversificación de la acuacultura en el estado, así como también, una opción para aprovechar de manera eficiente el agua. Sin embargo, es necesario adecuar algunas variables de producción a las condiciones regionales.

El cultivo de langosta de agua dulce, se presenta como una opción viable para la diversificación de la acuicultura, y como factor de desarrollo de zonas marginadas. Por ello, el desarrollo de la tecnología sobre su cultivo es de trascendental importancia, lo cuál se ha logrado de manera paulatina durante la última década, sin embargo aún existen vacíos de información que permitan optimizar su cultivo principalmente relacionados con su biología y rangos fisiológicos óptimos y extremos que presenta la especie.

En el presente trabajo se pretende obtener información básica de la fisiología de *Cherax quadricarinatus*, como es el efecto de los nutrientes en su desarrollo y crecimiento, así como en su fisiología metabólica, dado que estos datos aun no han sido documentados para la especie.

7 METODOLOGÍA

7.1 CRECIMIENTO DE JUVENILES EN DIFERENTES CONDICIONES NUTRICIONALES

7.1.1 *Obtención y aclimatación de los organismos*

Para el presente experimento se trabajó con juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* de 1.5 ± 0.3 g, obtenidos del invernadero acuícola del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR).

Los organismos fueron alojados en el laboratorio de Nutrición Experimental del CIBNOR, en 2 tinas de fibra de vidrio de 1000 L de capacidad (Figura 4), se mantuvieron con aireación constante y calentadores sumergibles para el mantenimiento de la temperatura alrededor de los 27°C



Figura 4. Mantenimiento de organismos previo al experimento

Posteriormente las langostas fueron colocadas en acuarios de fibra de vidrio de 60 L a una densidad de 25 organismos por estanque (Figura 5). Fueron aclimatados durante una semana a una temperatura de $27 \pm 1^\circ\text{C}$, luz 14:10 (Horas Luz: Horas oscuridad) manejada a través de un “*timer*”. Durante el período de aclimatación fueron alimentados a base de peletizado comercial para camarón marca PURINA, con un contenido de proteína de 35%, suministrada en dos raciones diarias del 2% de la biomasa. Se llevó un registro diario de la temperatura así como un recambio de agua del 20% al día, eliminando las heces fecales, mudas y el alimento no consumido.



Figura 5. Diseño experimental par prueba con dietas

7.1.2 *Diseño experimental.*

Se trabajó con 2 tratamientos nutricionales y una dieta control con 4 réplicas para cada caso. Los tratamientos fueron: (Dieta 1) Adición de microalgas proveniente de estanques supralitorales de cultivo de langosta, (Dieta 2) Adición de probiótico comercial, marca Ecoterra enriquecido con harina de trigo como fuente de carbono y (Dieta control) solo fueron alimentados con peletizado. Para todos los tratamientos se suministró peletizado comercial para camarón con un 35% de proteína, a un 2% de la biomasa, suministrado en 2 raciones diarias (Figura 6).

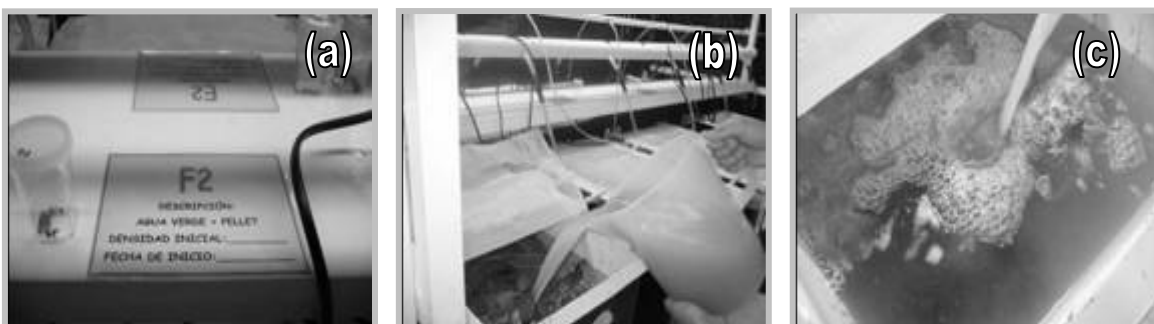


Figura 6. Tratamientos nutricionales (a) Dieta 1. Peletizado con 35% de proteínas y adición de microalgas, (b) Dieta 2. Peletizado con 35% de proteínas y adición de probiótico enriquecido con harina de trigo y (c) Dieta control. Peletizado con 35% de proteínas.

Se realizaron biometrías cada 15 días para evaluar el crecimiento de los organismos, y en base a estos datos obtenidos se realizaron ajustes en la ración de alimento en base a la biomasa. Diariamente se tomaron parámetros de temperatura, OD. y pH, y se llevó un registro de heces, alimento no consumido, mortalidad y mudas para cada acuario, como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Toma de parámetros (a) Toma de oxígeno, (b) Biometría, (c) Toma de temperatura y pH.

El período de cultivo para este experimento fue de 69 días. Al finalizar se realizó una biometría final, de cada tratamiento se seleccionaron 20 organismos aleatoriamente para evaluación de la tasa metabólica y punto crítico.

7.1.3 Parámetros evaluados

a) Crecimiento

El crecimiento obtenido en el sistema de cultivo se analizó en incrementos de peso individual y biomasa (Caicyt, 1987). Dicha información se obtuvo por medio de muestras realizadas al iniciar y finalizar la fase experimental.

b) Porcentaje de supervivencia

Se determinó como la relación entre el número final y el número inicial de individuos en cultivo. Esta tasa se expresó como porcentaje de supervivencia, como indica la siguiente fórmula (Caicyt, 1987).

$$\% \text{ Supervivencia} = \frac{(\text{No. final de individuos}) \times 100}{(\text{No. inicial de individuos})}$$

c) Factor de conversión alimenticia (FCA)

El factor de conversión alimenticia se estimó de acuerdo a la cantidad de alimento consumido y el incremento de peso registrado en los organismos. El cálculo se realizó de acuerdo a la siguiente fórmula (Caicyt, 1987).

$$FCA = \frac{\text{Alimento suministrado (g)}}{\text{Ganancia en peso (g)}}$$

d) Tasa de crecimiento por día

Se consideró como la diferencia entre el logaritmo natural del peso final y logaritmo natural del peso inicial, dividido por el tiempo de cultivo en días y multiplicado por 100 para ser expresado en porcentaje. Por lo tanto la tasa de crecimiento se estimó aplicando la siguiente fórmula (Ricker, 1975).

$$Tasa\ de\ crecimiento\ por\ día = \frac{100 * (\ln\ peso\ final - \ln\ peso\ inicial)}{t(días)}$$

7.2 OBTENCIÓN DE TASA METABÓLICA Y PUNTO CRÍTICO DE JUVENILES

7.2.1 Montaje del sistema

Se utilizaron 22 matraces con agua a saturación de oxígeno y temperatura de 28°C, previamente desinfectada con cloro, esto con la finalidad de disminuir la presencia de microorganismos que contribuyan al consumo de oxígeno del agua. El volumen de los matraces se ajustó a 240 ml y se colocaron dentro de un baño maría a la temperatura preestablecida. Cada matraz se mantuvo con aireación constante para mantener la saturación hasta el momento de ingresar a los organismos. Por cada unidad experimental (matraz) se colocó un organismo y cada diez unidades experimentales se colocó un matraz sin organismo para que tenga la función de blanco o testigo. Al matraz blanco se le colocó un organismo 15 minutos antes del iniciar la evaluación y fue retirado con ayuda de unas pinzas.

7.2.2 Selección de organismos

Se utilizaron 20 organismos - réplicas - de cada uno de los tratamientos, los cuales se mantuvieron en inanición durante 24 horas previas al experimento (Figura 88), y de ésta manera asegurar que su tracto digestivo quedara vacío y evitar errores en el consumo de oxígeno por efecto de los procesos digestivos (Scelzo y Zúñiga, 1987; Villarreal y Ocampo, 1991; Rivera, 1992). Cabe hacer mención que los organismos fueron seleccionados al azar, y sólo se rechazaron los que tenían daños físicos evidentes o bien que no estuvieran en estado de intermuda.



Figura 8. Organismos 24 horas antes de la evaluación metabólica

7.2.3 Determinación de tasa metabólica y punto crítico

Una vez concluida la fase experimental de crecimiento, se evaluó indirectamente la tasa metabólica mediante la medición del consumo de oxígeno a través del tiempo y se determinó el punto crítico de la concentración de oxígeno para éste organismo. Las mediciones de oxígeno se realizaron con un oxímetro YSI modelo 52, provisto de un sensor polarográfico, como se presenta en la Figura 9.

Las langostas fueron colocadas en los respirómetros -matraz- con agua a saturación de oxígeno y temperatura controlada (Figura 9). Se realizó una medición al inicio del experimento, y subsecuentemente se obtuvo la concentración cada 15 minutos, lo cual se prolongó hasta que las lecturas de concentración de oxígeno se mantuvieron constantes, es decir, sin variación en al menos tres mediciones, para obtener el punto crítico de oxígeno. Una vez obtenidos estos datos, se procedió a medir su peso. Los datos de concentración de oxígeno se usaron para determinar tanto tasa metabólica como el punto crítico.

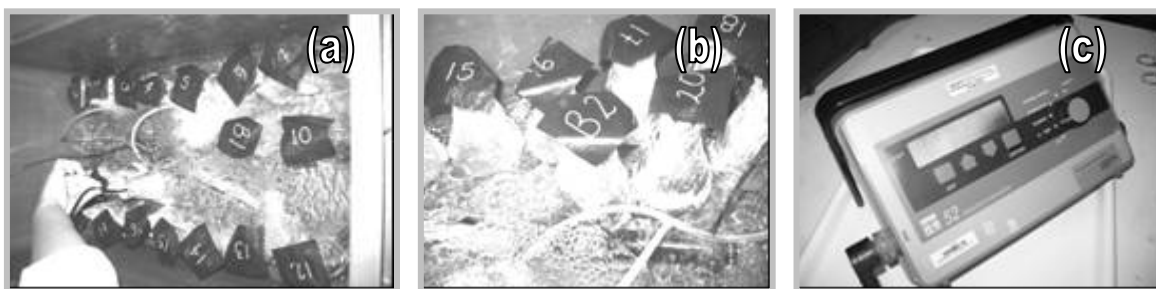


Figura 9. Evaluación de consumo de Oxígeno (a) y (b) respirómetros y (c) Oxímetro

7.2.4 Parámetros evaluados

a) Tasa Metabólica estándar

La tasa de consumo de oxígeno de los organismos se determinó a través de la obtención de la pendiente producto de la regresión lineal de la concentración de oxígeno disuelto con respecto al tiempo, en relación al peso del organismo en

experimentación, considerando el volumen de agua utilizado en los respirómetros y el consumo promedio de oxígeno de los controles.

$$TME = (mgO_2 / g / h)$$

b) Punto crítico de oxígeno

El punto crítico para cada organismo en experimentación se calculó ajustando regresiones lineales de la concentración de oxígeno antes y después del punto de inflexión o cambio, para lo cual se fueron añadiendo datos cercanos al punto de cambio, hasta que el coeficiente de determinación de la regresión lineal disminuyó. Para calcular el punto de intersección de ambas líneas, el cual es definido como el mejor estimador del punto crítico, se igualaron las ecuaciones de ambas rectas ($y=mx+b$), y la solución del sistema nos proporcionó el punto de intersección (Steel y Torrie, 1996; Mora y Figueroa, 2006)

$$Y (\text{concentración de oxígeno}) = X_2 * \frac{(b_2 - b_1)}{(X_1 - X_2)} + b_2$$

7.3 ANÁLISIS DE DATOS

Se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas a los datos obtenidos, previo a un análisis de varianza de una vía, seguido por un análisis de rangos múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$) (Statistica versión 5.0). Los datos se presentan como la media de los grupos \pm desviación estándar de la media (d.e.).

8 RESULTADOS

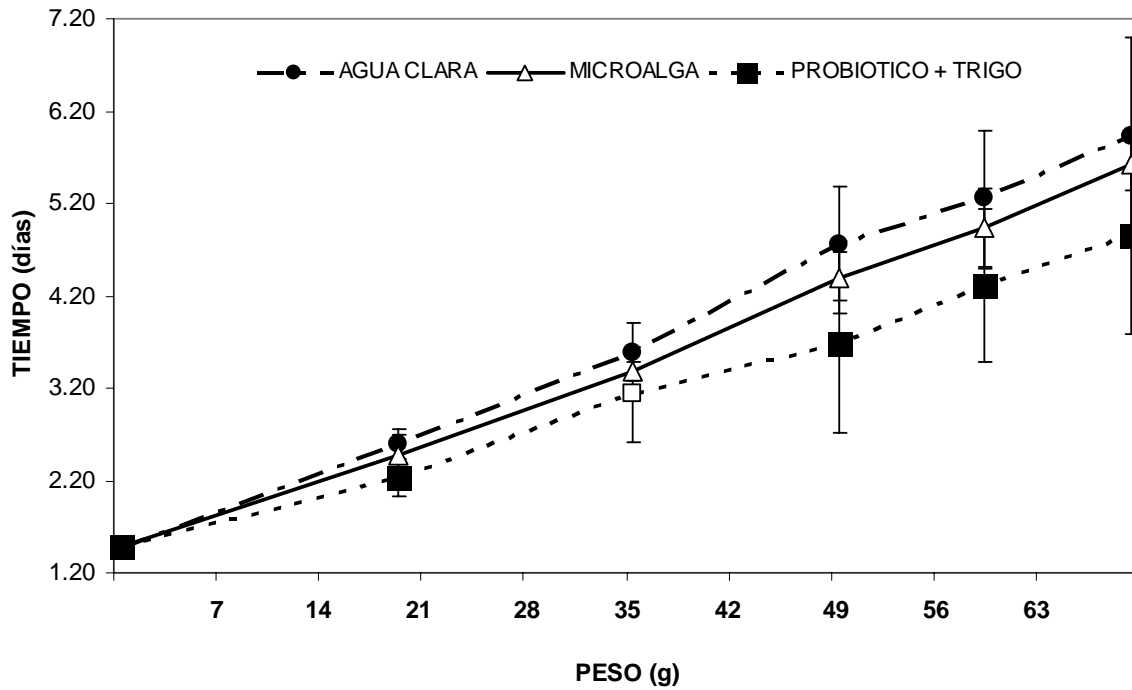
8.1 CRECIMIENTO DE JUVENILES EN DIFERENTES CONDICIONES NUTRICIONALES

Los juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* de 1.5 ± 0.3 g fueron sometidos a tratamientos nutricionales de adición de microalgas mas peletizado de 35% de proteínas (Dieta 1) y adición de probiótico enriquecido con harina de trigo como fuente de carbono mas peletizado de 35% de proteínas (Dieta 2) y la dieta control que solo incluía peletizado con un 35% de proteínas a lo largo de 69 días, posterior a este tiempo se evaluó el efecto de los tratamientos nutricionales.

No se mostró un efecto significativo de las dietas empleadas en la supervivencia de los organismos, sin embargo se obtiene la mayor supervivencia para los organismos alimentados con la dieta 1, como se muestra en la Tabla 1. Así mismo, se obtuvo una tasa de crecimiento menor para la dieta 2, aunque esta no fue significativa ($p < 0.05$) con respecto a los otros tratamientos (Tabla 1). En cuanto al incremento de peso por tratamiento (Gráfica 1.) y la biomasa total obtenida por tratamiento (Tabla 1), los resultados obtenidos no muestran un efecto significativo entre las dietas, sin embargo la dieta 2 tuvo un menor rendimiento para estos parámetros.

El peso promedio obtenido al final del experimento fue significativamente menor para la dieta 2 como se puede observar en la Tabla 1, de esta manera, los organismos que ganaron mayor peso promedio al final del experimento corresponden a la dieta control (Tabla 1).

En términos de factor de conversión alimenticia (FCA) no se muestran efectos significativos entre los tratamientos (Tabla 1), sin embargo este factor fue menor en la dieta 1.



Gráfica 1. Crecimiento de juveniles de *C. quadricarinatus* sometidos a 3 tratamientos nutricionales: Dieta 1. Adición de microalgas mas peletizado con 35% de proteínas , Dieta 2. Adición de probiótico enriquecido con harina de trigo mas peletizado con 35% de proteínas y Dieta control, peletizado con 35% de proteína

Tabla 1. Datos generales de crecimiento y eficiencia de juveniles de *C. quadricarinatus*

Tratamiento	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Supervivencia (%)	Biomasa (g total)	Tasa de crecimiento (g/día)	FCA
Dieta 1	1.49 ± 0.07 ^a	5.26 ± 1.89 ^a	73.5 ± 3.4 ^a	70.3 ± 4.6 ^a	0.7 ± 0.1 ^a	0.4 ± 0.03 ^a
Dieta 2	1.48 ± 0.03 ^a	4.44 ± 1.38 ^b	70.6 ± 4.8 ^a	57.8 ± 10.1 ^a	0.5 ± 0.1 ^a	0.5 ± 0.09 ^a
Dieta control	1.47 ± 0.11 ^a	5.57 ± 1.91 ^a	69.1 ± 2.9 ^a	70.0 ± 14.4 ^a	0.7 ± 0.2 ^a	0.5 ± 0.10 ^a

Datos presentados como media ± la desviación estándar de la media (d.s.). Las letras denotan diferencias significativas ($p > 0.05$)

8.2 EVALUACIÓN DE TASA METABÓLICA Y PUNTO CRÍTICO DE JUVENILES

Una vez concluida la fase experimental de 69 días de cultivo bajo diferentes condiciones nutricionales (Figura 6), se evaluó la tasa metabólica por respirometría, obteniéndose el consumo de oxígeno a través del tiempo y el punto crítico para cada organismo (Gráfica 2, Gráfica 3 y Gráfica 4). Para cada gráfica, se presentan los datos de las réplicas (a) replica 1 y (b) réplica 2.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza sobre la tasa metabólica estándar indicaron diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto al consumo de oxígeno entre las dietas experimentales, como se muestra en la

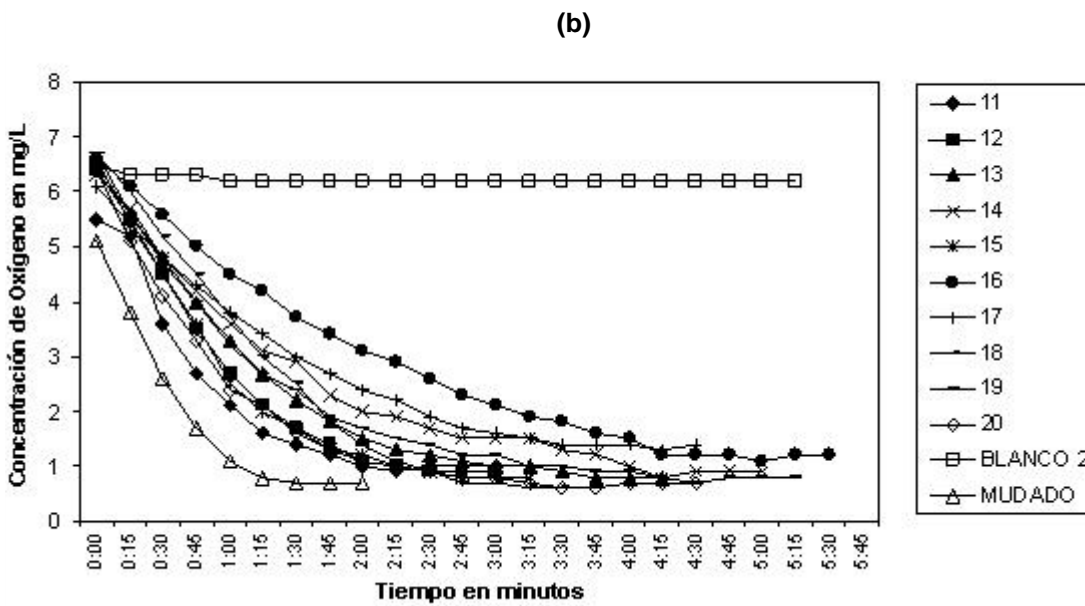
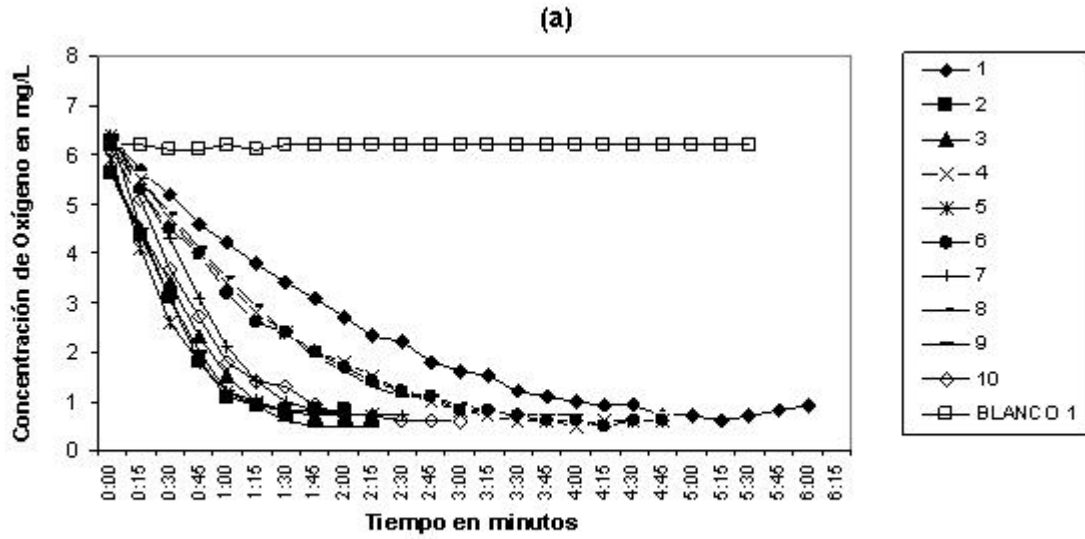
. El mayor consumo de oxígeno y por ende una tasa metabólica mas elevada se obtuvo para juveniles alimentados con la dieta 2. Así mismo se observó un efecto significativo ($p < 0.05$) de esta misma dieta en el nivel de oxígeno crítico para juveniles de *Cherax quadricarinatus*, como se muestra en la

En las réplicas (a y b) que se muestran en las gráficas (2, 3 y 4) para cada dieta experimental, se observa la curva resultante del consumo de oxígeno de los organismos con respecto al tiempo (cada 15 minutos) desde el período de normoxia hasta la etapa de hipoxia. Estas curvas muestran la concentración de oxígeno en los respirómetros con los organismos, hasta que esta empieza a estabilizarse cuando menos 3 lecturas (ya no hay consumo de oxígeno por el organismo), obteniéndose el punto de inflexión de la curva, el cual indica el nivel crítico de oxígeno de los organismos.

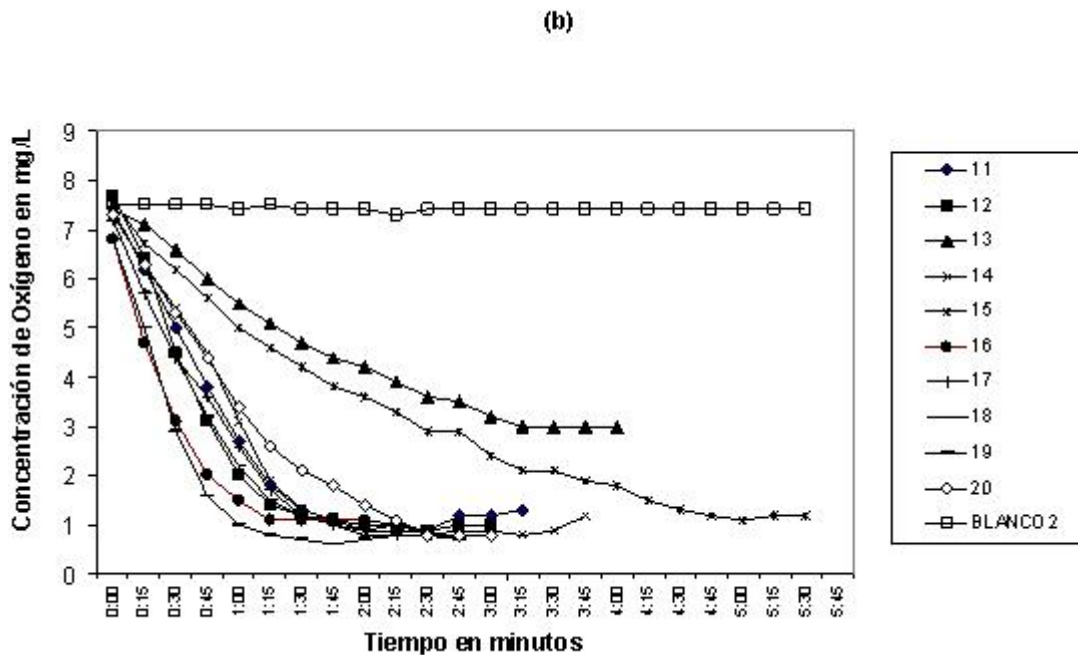
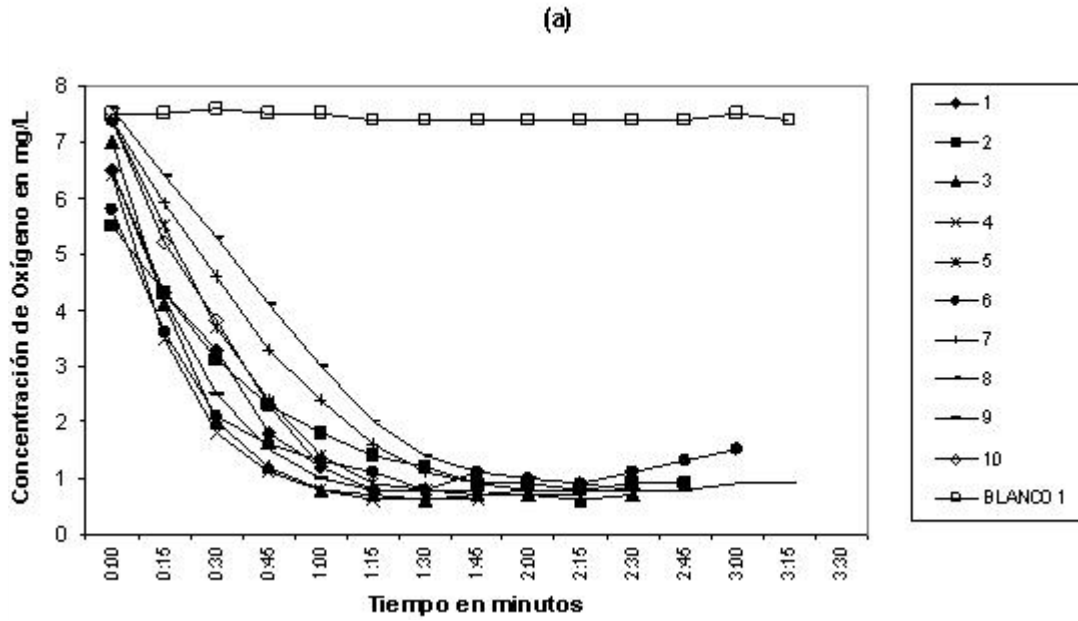
Tabla 2. Metabolismo de juveniles de *C. quadricarinatus* bajo tratamientos nutricionales

Tratamientos	Tasa Metabólica (mgO ₂ /g/h)	Punto Crítico (mg/l)
Microalgas	0.13 ± 0.04 ^a	1.44 ± 0.32 ^a
Probiótico + Trigo	0.20 ± 0.06 ^b	1.00 ± 0.28 ^b
Agua Clara	0.13 ± 0.05 ^a	1.33 ± 0.33 ^a

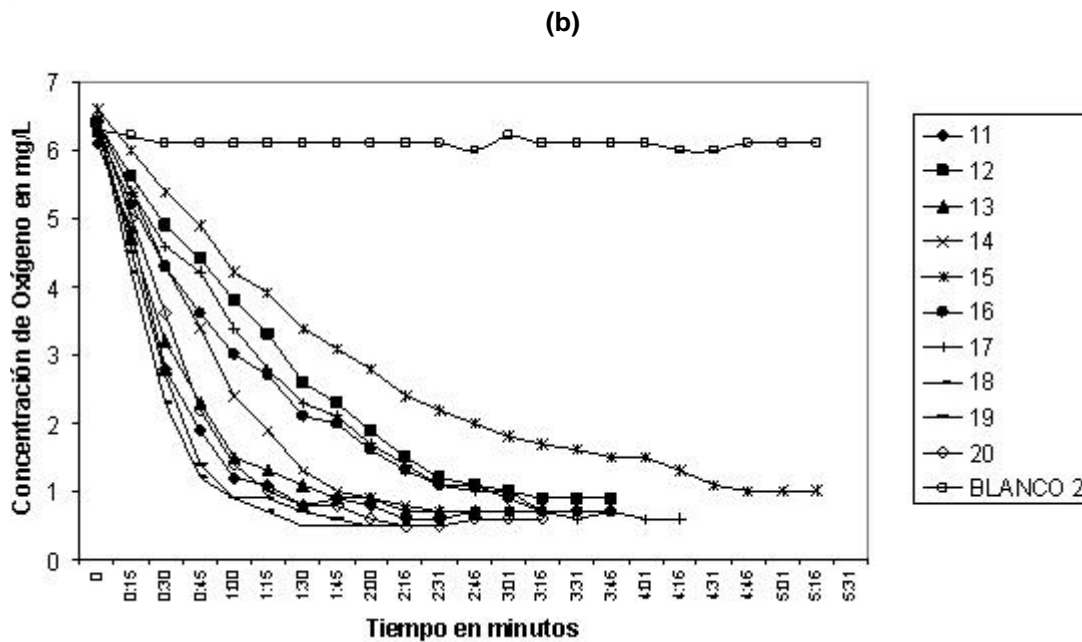
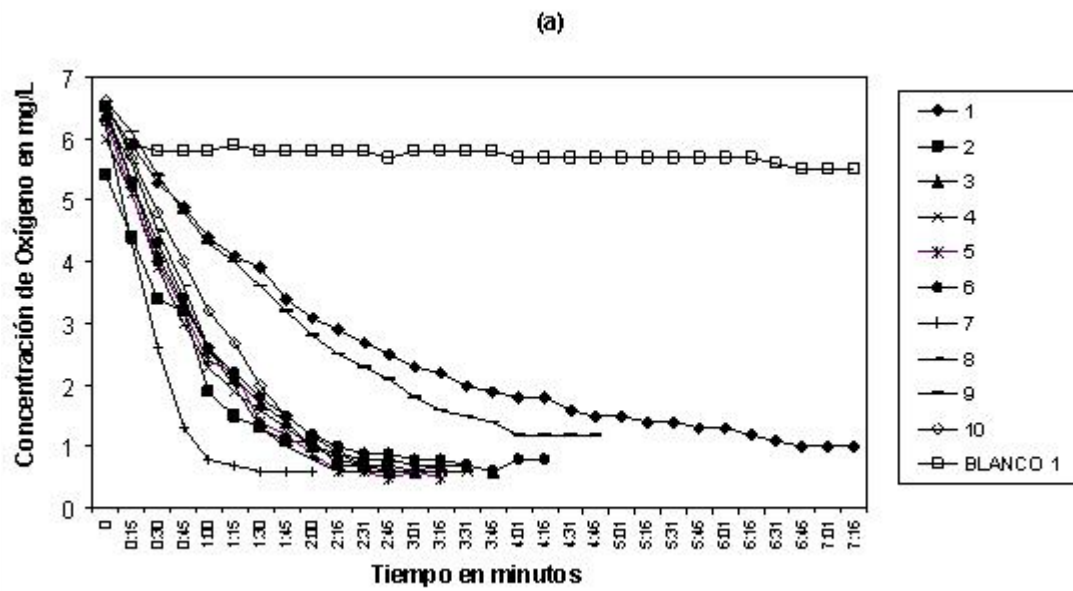
Datos presentados como media ± la desviación estándar de la media (d.s.).
Las letras denotan diferencias significativas ($p > 0.05$)



Gráfica 2. Consumo de oxígeno de juveniles de *C. quadricarinatus* para obtención de tasa metabólica estándar y punto crítico. (a) Réplica 1 y (b) réplica 2 de la dieta con microalga.



Gráfica 3. Consumo de oxígeno de juveniles de *C. quadricarinatus* para obtención de tasa metabólica estándar y punto crítico. (a) Réplica 1 y (b) réplica 2 de la dieta con probiótico enriquecido con trigo.



Gráfica 4. Consumo de oxígeno de juveniles de *C. quadricarinatus* para obtención de tasa metabólica estándar y punto crítico. (a) Replica 1 y (b) replica 2, de la dieta control.

9 DISCUSIONES

9.1 CRECIMIENTO DE JUVENILES EN DIFERENTES CONDICIONES NUTRICIONALES

El crecimiento de un organismo es definido como el incremento de la biomasa debido a la transformación de nutrientes y su incorporación a los tejidos de un ser vivo (Eckert, *et al.*, 1998). En el presente trabajo fueron evaluados 2 tipos de fuentes nutricionales, adicionales al paletizado comercial, las fuentes nutricionales evaluadas fueron (dieta 1) microalgas y (dieta 2) probiótico enriquecido con harina de trigo, mientras que la dieta control consistió en peletizado con un 35% de proteína formulado para camarón y que ha sido la forma de alimentación tradicional adoptada para *Cherax quadricarinatus*. No se presentaron diferencias significativas en los porcentajes de supervivencia de los juveniles posterior a los tratamientos, lo que nos indica que el manejo de los organismos para los tratamientos y réplicas fue parejo y adecuado. El peso final promedio individual obtenido en los organismos fue similar entre las dietas control y la dieta 1, a diferencia de la dieta 2 que fue significativamente menor ($p < 0.05$). Este mismo efecto, aun que no significativo ($p < 0.05$), se pudo observar en los resultados de biomasa total por tratamiento, lo cual puede ser un efecto de la asimilación de nutrientes por los organismos, ya que la base nutricional, paletizado con 35% de proteínas, era igual para los tres tratamientos, y los organismos que solo contaban con esta fuente nutricional, fueron en los que se obtuvo un mejor rendimiento, esto puede ser respaldado con los valores obtenidos de FCA, ya que este valor fue de 0.5 tanto para la dieta control como para la dieta 2, pero fue menor, aunque no significativamente ($p < 0.05$) para la

dieta 1, en la cual se obtuvo un valor de 0.4. Lo anterior indica que los organismos consumieron las fuentes naturales de alimentación proporcionadas, ya que para el caso de la dieta 1, se obtuvo una mejor supervivencia con respecto al resto de los tratamientos, y los valores de peso final, biomasa total y tasa de crecimiento específica fue igual al tratamiento control. En este sentido, se ha reportado que la productividad natural contribuye de manera significativa en la nutrición de los organismos (Martinez *et al.*, 1998), los resultados obtenidos, apoyan la teoría de que el acceso a alimentos variados incide positivamente en las tasa de crecimiento de los crustáceos (Villarreal, 1989), sin embargo para ello es importante considerar el aporte nutricional real proporcionado por estos alimentos naturales, en términos de proteínas, aminoácidos requeridos por la especie, lípidos y carbohidratos, así como la energía total proporcionados, que permitan mantener el balance energético y nutricional requerido por el organismo (Boyd, 1989; Webster *et al.*, 1994; Meade y Watts, 1995; D´Abramo y Castell, 1996; Villarreal y Pelaez, 1999; Villarreal *et al.*, 1999), lo cual podría en parte explicar los resultados obtenidos en el presente trabajo, en cuanto al bajo rendimiento presentado en los organismos alimentados con la dieta 2, considerando que pudo presentarse un inadecuado balance de nutrientes, en cuanto a las proporciones de proteínas, carbohidratos y lípidos reportados como óptimos para el desarrollo de los juveniles.

Es importante considerar los valores de FCA obtenidos en este estudio, ya que los valores son bajos comparados con los reportados en otros trabajos. Para juveniles de *C. quadricarinatus* alimentados con dietas de 37 y 43% de proteína se han reportado valores de FCA de 0.95-1.21 (Campaña *et al.*, 2005), los cuales fueron similares a los reportados para juveniles de *C. destructor* (Jones *et al.*, 1996) y para *C. quadricarinatus* (Cortes-Jacinto *et al.*, 2003, y Cortes-Jacinto *et al.*, 2005. Para juveniles de camarón, *P. monodon* alimentados con una dieta de 41.91% de proteína se reportan valores mayores de FCA 2.33 ± 0.32 , (Sudaryono *et al.*, 1995). Así mismo, se han realizado pruebas en las que el alimento peletizado se ha sustituido parcialmente por productividad natural del sistema de cultivo a nivel comercial (Villarreal *et al.*, 1997) encontrando valores de FCA de 0.8 para *C. quadricarinatus*,

siendo este valor mas cercano a lo obtenido en este trabajo, sin embargo estas diferencias podrían ser explicadas en las tallas utilizadas en cada estudio (Moshiri y Goldman, 1969; Lewis, 1976; Mills y McCloud, 1983) y las variaciones en los requerimientos nutricionales para distintas especies de crustáceos (Tidwell *et al.*, 1996).

En cuanto al bajo rendimiento presentado en los organismos alimentados con la dieta 2, otra posible explicación podría darse por una baja asimilación de los nutrientes proporcionados, ya que la calidad del alimento suministrado en todas las dieta fue buena. Para el caso de la dieta 1, se le suministró peletizado con 35% de proteínas y microalgas (*Chlorella sp.*) con un 56.5% de proteínas de alta calidad que además rica en beta-caroteno, que estimula el sistema inmune (Rueda-Jasso, 1996). En el caso de la dieta 2, también le fue suministrado peletizado con un 35% de proteínas y una mezcla probiótica de bacterias y levaduras (proteínas bioactivas), principalmente *Saccharomyces cereviceae* y *Lactobacillus sp.*, enriquecidas con harina de trigo. En este caso la levadura contiene el 8.4% de proteínas (Perdomo *et al.*, 1994), la bacteria cuenta con un 70% de proteínas (Ferro y Ames, 1974) y la harina de trigo tiene un 14.8% de proteínas (Astiasarán y Martínez, 2002). Los probióticos, son considerados como microflora benéfica, ya que además de impedir la colonización de bacterias patógenas, inciden sobre la salud de los animales, induciendo a un mejor desarrollo (Moriarty, 1999; Berger, 2000). En este sentido, la dieta 2 aportó nutrientes de alta calidad y proteínas bioactivas, que permitirían un mejor desarrollo en los organismos, sin embargo el resultado fue opuesto a lo esperado y a lo reportado por otros autores para otras especies de crustáceos (Avnimelech, 1999; Moriarty, 1999; Rengpipat *et al.*, 2003; Veseeharan y Ramasamy, 2003), moluscos (Douillet y Langdon, 1994; Gibson, Woodworth y George, 1998; Gibson, 1999; Ali, 2000) y peces (Yasuda y Taga, 1980; Gatesoupe, 1991; DeSchrijver y Ollevier, 2000; Robertson *et al.*, 2000), apoyando la teoría de la baja asimilación de los nutrientes proporcionados, posiblemente por un menor consumo de proteínas totales y por ende una deficiencia en aminoácidos esenciales para la especie. Es decir, a pesar de la alta calidad de nutrientes presentes en la dieta 2, posiblemente el aporte total de

proteínas no era el adecuado, o bien no contenía los aminoácidos que el organismo requiere, lo cual es apoyado por lo reportado por Brown (1995 a) que indica que cuando los organismos no pueden obtener los nutrientes esenciales de su dieta, para llevar a cabo los procesos fisiológicos, canalizan su energía disponible en el metabolismo de sus reservas proteicas, por lo cual su rendimiento se pudo ver afectado.

Otra teoría del efecto negativo de la dieta 2 sobre el crecimiento y desarrollo de los juveniles de *Cherax quadricarinatus*, podría ser explicado por un posible bloqueo de branquias por la materia orgánica presente en el medio, producto de la mezcla de probióticos con harina de trigo y el alimento, que pudieran afectar la captación de oxígeno para el organismo. En cuanto a la calidad del agua, esta no fue afectada por la materia orgánica presente, ya que la concentración de oxígeno disuelto y pH monitoreados diariamente fueron adecuados.

9.2 EVALUACIÓN DE TASA METABÓLICA Y PUNTO CRÍTICO DE OXÍGENO DE JUVENILES

El metabolismo es un proceso fisiológico que refleja el gasto energético de los organismos vivos y por tanto, sus exigencias nutricionales, mientras que la tasa metabólica es la velocidad a la que la energía es utilizada (Villarreal, 1989), esta velocidad puede ser modificada por varios factores, que pueden ser ambientales, bióticos y abióticos. La interacción entre estos factores son los que determinan la tasa metabólica a través de las funciones básicas: ingestión, absorción, asimilación, gasto metabólico y excreción (Bett, 1979). Por esta razón para el presente trabajo, se mantuvieron constantes las condiciones ambientales y se evaluó el efecto sobre el metabolismo estándar y punto crítico de oxígeno, de las dietas suministradas: adición de microalgas (dieta 1), adición de probiótico enriquecido con harina de trigo (dieta 2)

y alimentación tradicional a base de peletizado como dieta control, en todas las dietas se utilizó como alimento base, paletizado con un 35% de proteínas.

En producción comercial para obtener los mejores rendimientos productivos, es necesario mantener en buen estado fisiológico a los organismos y uno de los indicadores para ello es evaluar su tasa metabólica, ya que esto nos permite conocer el desempeño o rendimiento del organismo. Para el presente trabajo esta evaluación se hizo a través del consumo de oxígeno, como método indirecto. Los resultados obtenidos muestran que la tasa metabólica de la dieta 2 fue significativamente mayor ($p < 0.05$) al resto de los tratamientos, con una tasa metabólica de 0.20 ± 0.06 mg O_2 /g/h, mientras que para la dieta 1 fue de 0.13 ± 0.04 mg O_2 /g/h y 0.13 ± 0.05 mg O_2 /g/h para la dieta control. En este mismo sentido, otro indicador de eficiencia de un organismo es su desarrollo o crecimiento, por lo que estos resultados en tasa metabólica corroboran el resultado obtenido para crecimiento, donde el peso final de los organismos alimentados con la dieta 2, fue significativamente menor con respecto a las otras dietas suministradas. Una alta tasa metabólica, en consecuencia indica una baja eficiencia energética en el organismo y por ende esto se ve reflejado en una baja tasa de crecimiento, debido a un mayor costo energético para esta función.

Los microorganismos consumen oxígeno, y esta podría ser una de las explicaciones a este alto consumo de los organismos que provenían de la dieta 2, debido a que en la parte externa de su cuerpo o bien en las pequeñas cavidades de los organismos pudiera haber mezcla de las bacterias y levaduras presente en el probiótico, contribuyendo de esta forma al consumo de oxígeno, sin embargo para evitar o minimizar este efecto, dentro del diseño experimental, los organismos fueron colocados en acuarios con agua limpia, donde permanecieron en ayuno por 24 horas previas a la determinación de tasas metabólicas, así mismo, al momento de la evaluación metabólica, se tuvieron 2 tipos de controles, (a) control de agua, el cual tenía la función de evaluar las posibles pérdidas de oxígeno por intercambio gaseoso con el medio ambiente, y (b) control del medio de cultivo, cuya función era la de

evaluar el posible consumo de oxígeno de los microorganismos presentes en el medio, adheridos al organismo, para lo cual se colocó un organismo del mismo acuario, correspondiente al mismo tratamiento, 30 minutos antes de la evaluación, y fue retirado al momento de iniciar con la evaluación. Ambos controles fueron mantenidos bajo las mismas condiciones que el resto de las réplicas. En este sentido, si este pudo ser un efecto para el alto consumo de oxígeno de los organismos, este efecto también se hubiera presentado en los organismos alimentados con la dieta 1, debido a que las microalgas también son altos consumidores de oxígeno.

La genética de los organismos, es un factor determinante en su tasa metabólica, sin embargo, los organismos provenían del mismo lote, y fueron seleccionados por talla, antes de la experimentación con dietas, por lo que este factor no pudo influenciar los resultados obtenidos. Por otro lado, el estado de salud en los animales, es un fuerte factor que contribuye a un efecto en su tasa metabólica, y en este sentido, las supervivencias de los organismos fueron aceptables y parejas, es decir, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos por lo que se podría asumir, que este no fue un factor para los resultados obtenidos. Sin embargo, cuando existen deficiencias nutricionales en los organismos, debido a que no pueden obtener los nutrientes esenciales de la dieta, que les permitan llevar a cabo sus procesos fisiológicos, canalizan su energía disponible en el metabolismo de sus reservas proteicas (Brown, 1995a), con lo cual se podría explicar porque se presentó una baja eficiencia energética en los juveniles que fueron alimentados con la dieta 2, reflejado en su bajo crecimiento y su alta tasa metabólica. Esto concuerda con los resultados reportados por D´Abramo y Robinson (1989) y Gutiérrez-Yurita y Montes (2001) que indican que la composición nutricional de los alimentos es esencial para determinar la eficiencia de crecimiento de un organismo, en este sentido, también se ha reportado que la sustitución de proteínas de origen animal de las dietas, por proteínas vegetales generalmente reducen su crecimiento y eficiencia (Boonyaratpalin *et al.*, 1998). Para el caso de los organismos que fueron alimentados con la dieta 1, se obtuvo una tasa metabólica igual a los organismos alimentados con

la dieta control, sin embargo el porcentaje de supervivencia para esta dieta fue ligeramente mejor; por otro lado, el FCA para esta misma dieta fue el mas bajo, aunque la diferencia no es significativa ($p < 0.05$), lo cual indica que la dieta 1 si sustituyó adecuadamente las fuentes nutritivas del peletizado, de acuerdo a los indicadores obtenidos. Así mismo, su FCA nos indica que con menos alimento peletizado los organismos crecieron igual que los alimentados con la dieta control y lo cual indica que la microalga reemplazó parte de la fuente. Al respecto se ha reportado que los pigmentos provenientes de microalgas estimulan el crecimiento y supervivencia de los crustáceos (Brown, 1990; Sommer, *et al.*, 1991; Liñán-Cabello, *et al.*, 2002), efecto observado en el presente trabajo. Thompson, *et al.* (2006) reportaron que *Cherax* puede ser alimentado con una combinación de proteína de planta-animal obteniendo buenos resultados productivos, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo para la dieta 1. En este mismo sentido, el efecto para la dieta 2 fue inverso, ya que el valor del FCA fue igual al de la dieta control, aun cuando se adicionó una fuente de alimentación mas, es decir, consumió la misma cantidad de peletizado, y además contaba con la fuente proteica proporcionada por el probiótico en el medio, y su eficiencia fue menor.

Los reportes de valores de tasa metabólica para *Cherax quadricarinatus* son limitados y principalmente enfocados a determinar el efecto de los factores ambientales como la temperatura y la salinidad sobre la tasa de consumo de oxígeno. La tasa metabólica encontrada como efecto de la temperatura y salinidad es de 0.748 mg de $O_2/g/h$ para juveniles de 10 g de *Cherax* (Meade *et al.*, 2002), mientras que los valores reportados para otras especies de crustáceos, basados en su efecto sobre diferentes dietas suministradas, nos indican que los valores de tasa metabólica de *Cherax* encontrados en el presente trabajo son muy bajos (0.13 a 0.20 mg de $O_2/g/h$), comparada con la obtenida para adultos de *Penaeus setiferus* de 1.56 mg $O_2/g/h$ (Rosas *et al.*, 1995), para postlarvas de *P. vannamei* se ha reportado una tasa metabólica de 0.88 mg $O_2/g/h$ (Hinojosa, 1992), para juveniles de 2 g, de *P. vannamei*, alimentados con hidrolizados de langostilla de 2 y 9%, se reporta una tasa metabólica de 0.27 y 0.38 mg/g/h respectivamente (Galicia, 2003). Estos reportes y

los resultados obtenidos para *Cherax quadricarinatus* en este trabajo, indican que esta especie es altamente eficiente.

Por otro lado, en cuanto al nivel crítico de oxígeno se ha reportado que, entre los factores que pueden afectar el punto crítico de oxígeno de los organismos se encuentran: la concentración de oxígeno disuelto, temperatura, tiempo de alimentación, pH del agua, el amoníaco (King, 1994; Jussila, 1997), por lo que para el presente trabajo y a fin de obtener el nivel de oxígeno crítico de esta especie, se mantuvieron constantes todos estos factores y los organismos permanecieron en ayuno por 24 horas previo al experimento.

El oxígeno es el principal elemento para el desarrollo de cualquier organismo vivo, especialmente los acuáticos. El oxígeno disuelto en el agua influye en los estanques de cultivo afectando el crecimiento del organismo cultivado y su eficiencia de conversión alimenticia. Una disminución o la falta de oxígeno disuelto generalmente provoca estrés o muerte en los organismos acuáticos, si es que la exposición es prolongada a menos de 1 mg/L (Boyd, 1992). Para cultivos de camarón, se conoce que los niveles letales de oxígeno son de 0 a 1.0 mg de O₂/L, de 1 a 1.5 mg/L se considera letal en exposición prolongada y de 1.7 a 3.0 mg/L se reporta una pobre conversión del alimento, crecimiento lento y una disminución de resistencia a enfermedades. En el presente trabajo se encontró que el punto crítico de oxígeno para juveniles de *Cherax quadricarinatus* es de 1.33 ± 0.33 mg O₂/L para la dieta control, 1.44 ± 0.32 mg O₂/L para la dieta 1 y 1.00 ± 0.28 mg O₂/L para la dieta 2. Para otras especies de crustáceos se han reportado niveles críticos de oxígeno de 1.91 mg/L, para postlarvas de *Litopenaeus vannamei* (Seidman y Lawrence, 1985) y de 2.22 mg/L para postlarvas de *P. monodon*. Para *Cherax quadricarinatus*, son limitados los estudios realizados y en los cuales se ha encontrado que los juveniles de *Cherax quadricarinatus* expuestos a condiciones anoxicas, bajan su tasa metabólica, por lo que se consideran excelentes reguladores de oxígeno en condiciones críticas (Meade, *et al.*, 1994). Esta teoría se ve reflejada en los valores

obtenidos en este trabajo, ya que los organismos alimentados con la dieta 2 mostraron un nivel crítico de oxígeno significativamente menor ($p < 0.05$) con respecto a las otras dietas suministradas, y considerando el pobre estado fisiológico de estos organismos expresado por su alta tasa metabólica y su bajo rendimiento en crecimiento, al presentar una mayor tolerancia a bajos niveles de oxígeno. El nivel de consumo de oxígeno en condiciones de normoxia para estos organismos fue alto, mientras que en condiciones de hipoxia, pudieron compensar metabólicamente esta condición adversa, reflejando que son organismos altamente eficientes.

10 CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos indican que la langosta de agua dulce, *Cherax quadricarinatus*, puede ser alimentada con combinación de dietas peletizado-microalgas, obteniendo buenos resultados en crecimiento, supervivencia y eficiencia energética.
2. La tasa metabólica estándar para juveniles de *Cherax quadricarinatus* es de 0.13 mg O₂/g/h.
3. Los niveles críticos de oxígeno para juveniles de *Cherax quadricarinatus* son de 1.0 a 1.44 mg/L
4. Los juveniles de *Cherax quadricarinatus* pueden compensar metabólicamente niveles críticos de oxígeno.

11 BIBLIOGRAFÍA

- Ackefors, H. Castell, J.D. Boston, L.D. Råty, P. y Svansson, M. 1992. Standard experimental diets crustacean nutrition research. II growth and survival of juvenile crayfish *Astacus* (Linne´s) feed diets containing various amounts of protein, carbohydrate and lipid. *Aquaculture*. 104, 341-356 pp.
- Akiyama, D.M. Dominy, W.G. y Addison, L.L. 1991. Penaid shrimp nutrition for the commercial feed industry. 80-98 pp.
- Ali, A. 2000. Probióticos en fish farming. Evaluation of a bacterial mixture. Ph Thesis, Swedis University of Agricultural Sciences. Umeå, Sweden.
- Alvandi, S.V. Vijayan, K.K. Santiago T.C. Poornima, M. Jithendran, K.P. Ali, S.A. y Rajan, J.J.S. 2004. Evaluation of *Pseudomonas* sp. PM 11 and *Vibrio fluvialis* PM 17 on immune indices of tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Fisheries Shellfish Immunology*. 17, 115-20 pp.
- Anson, K. y Rouse, D. 1996. Evaluation of Several commercial feeds and crustacean reference diet for juveniles Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Journal of Applied Aquaculture*. 6, 65-73 pp.
- Astiasarán I.y Martínez J.A. 2002. Alimentos, composición y propiedades. Capítulo 6. Cereales y derivados. Ed. McGraw-Hill-Interamericana. 364 pp.
- Austing, B. Stuckey L. F. Robertson P.A.W. Effendi, I. y Griffith, D.R.W. 1995. A probiotic strain of *Vibrio alginolyticus* effective in reducing diseases caused by *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* and *Vibrio ordalii*. *Journal of Fish Diseases*. 18, 93-96 pp.
- Avnimelech, Y. 1999. C/N ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*. 176, 227-235 pp.
- Bachère, E. Gueguen, y. Gonzáles, M. De Lorgeril, J. Romestand, B. 2004. Insights into the anti-microbial defence of marine invertebrates: the penaeid shrimps and the oyster *Crassostrea gigas*. *Immunological Review*. 2004 April. 198, 149-68 pp.

- Balcázar, J.L. 2002. Uso de probióticos en acuicultura: Aspectos generales. CIVA 2002 (http://www.civa_20_02.org). 877-881 pp.
- Barki, M.A. Levi, T. Shrem, A. y Kurplus, L. 1997. Ration and spatial distribution of feed affect survival, growth and competition in Juvenile red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared in the laboratory. *Acuicultura*. 148 (2-3), 169-177 pp.
- Barrena, B. J. Pérez y O. Camacho. 1986. El cultivo de camarón en México. *Acuavision*. 4, 4-8 pp.
- Bett, J.R. y Groves, T.D.D. 1979. Physiological energetic. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Editors). *Academic Press, New York. Fish Physiology*. Vol. 8., U.S.A. 335-348 pp.
- Boonyaratpalin, M. Suramiranat, P. y Tunpibol, T. 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian sea bass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*. 161, 67-78 pp.
- Boyd, C.E. y Musig, Y. 1992. Shrimp pond effluents: observations of the nature of the problem on commercial farms. In: G.W. Chamberlain, J. Villalón & J. Wyban, editors. *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA USA*. 195-197 pp.
- Bradfield, A. y Llewelly, M. 1982. Respiratory rate and the rate of heat loss. In: *Animal Energetic*. Blackie, London. 50-70 pp.
- Bridges, C.R. y Brand, A.R. 1980. Oxygen consumption and oxygen independence in marine crustaceans. *Marine Ecology Progress Ser.* 2, 133-141 pp.
- Brody, S. 1964. Bioenergetics and growth, with special reference to the efficiency complex in domestic animals. Hafner Publishing Co., New York.
- Brown, P.B. Tazik, M.L.H. y Blithe, W.G. (1990). Consumption and apparent dry matter digestibility of aquatic macrophytes by male and female crayfish *Orconectes Virilis*. *Aquaculture*. 86, 345-349 pp.
- CAICYT, 1987. Alimentación en acuicultura II. Industrias graficas España, S.L. España. 318 pp.
- Campaña T.A. Martínez, C.L.R. Villarreal, C.H. y Civera, C.R. 2005. Study of production parameters of Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1858), varying its dietary protein level. *Hydrobiology (Iztapalapa)*, Vol. 15, No. 3. 255-260 pp.

- Cech, J.J. 1990. Respiratory. In: Schreck, C.B. Moyle, P.B. Methods for fish biology. *American Fisheries Society*. Bethesda. 335-362 pp.
- Cockcroft, A.C. y Wooldridge, T. 1985. The effects of mass, temperature and moulting on the respiration of *Macropetasma africanus* Blass (Decapoda: penaeida). *Composition Biochemical Physiology*. 81A (1), 143-148 pp.
- Cortes, E. 1993. Evaluación del efecto de la calidad y cantidad de proteína en raciones comerciales peletizados, en el crecimiento y la sobrevivencia del camarón Blanco (*Penaeus vannamei*). Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Baja California sur La Paz. México. 86 pp.
- Cortés-Jacinto, E. Villarreal-Colmenares, H. Civera-Cerecedo, R. y Martínez-Córdova, L. 2003. Effect of dietary protein level on growth and survival of juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture Nutrition*. 4(9), 207-213 pp.
- Crandall, K.A.J.W. Fetzner, Jr.S.H. Lawler, M. Kinnersley, y Austin, C.M. 1999. Phylogenetic relationships among the Australian and New Zealand genera of freshwater crayfish (Decapoda: Parastacidae). *Australian Journal of Zoology*. 47, 199-214 pp.
- Cruz-Suarez, E. Ricque-Marie, D. Tapia-Salazar, M. Martin-Saldivar, L.F. Guajardo, B.C. Nieto-López, M. Salinas-Miller, A. 2002. Historia y Estatus Actual de la Digestibilidad y Algunas Características Físicoquímicas de los alimentos Comerciales Para Camarón Usados en México. In: Cruz-Suárez, L.E. Ricque-Marie, D. Tapia-Salazar, M. Gaiola-Cortes, M.G. Simoes, N. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola VI Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3-6 Septiembre, 2002. Cancún, Q.R. México.
- D´Abramo, L. y Robinson, E.H. (1989). Nutrition of crayfish. Reprinted from CRC Critical Reviews in Aquatic Sciences. Vol. 1. 711 p.
- D´Abramo, L. y Castell, D.J. 1996. Metodología para la investigación nutricional. En: Mendoza, R. Cruz, S.E. y Rizque (Eds). Memorias del segundo Simposium Internacional de nutrición acuícola. Monterrey, N.L. México. 103-121 pp.
- D´Abramo, L. y Sheen, S.D.J. 1999. Requerimientos nutricionales, formulación de dietas y prácticas alimenticias para el cultivo intensivo del langostino de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. In *Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Monterrey N.L. México. 81-101 pp.
- DeSchijver, R. y Ollevier, F. 2000. Protein digestion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) and effects of dietary administration of *Vibrio proteolyticus*. *Aquaculture*. 186, 107-116 pp.

- Douillet, P.A. y Langdon, C.J. 1994. Use of a probiotic for the culture of larvae of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture*. 119, 25-40 pp.
- Eckert, R., Randall, D. Burggren, W. y French, K. 1998. *Fisiología Animal, "Mecanismos de adaptación"*. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U. 4^{ta} Edición. 725-735 pp.
- Emmerson, W.D. 1985. Oxygen consumption in *Palaemon pacificus* (Stimpson) (*Decapoda: Palaemonidae*). In relation to temperature, size and season. *Composition Biochemica. Physiology*. 81A (1), 71-78 pp.
- Evans, L.H. 1992. Constraints to the development of the aquaculture diets in Australia a feed manufacturer's perspective. In: Allan, G. and Dall, W. (Eds). NSW fisheries, Brackish water Fish Culture Research station, Salamander Bay, Australia. *Proc. Aquaculture Nutrition Workshop*. Salamander Bay, 15-17 April 1991. 214-221 pp.
- Fábregas, J. A. Muñoz, A. Otero, J.L. Barja y Roruaris, M. 1991. A preliminary study on antimicrobial activities of some bacteria isolated from the marine environment. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 57, 1377-1380 pp.
- Fernandez, R. Celada, J.D. y Muñoz, F. 1987. Nutrición y alimentación de Crustáceos. En: Espinosa de los Montoros, J. Labarda, U. (Eds). *Formación de técnicas superiores en Acuicultura y Plan de II. Nutrición en Acuicultura II. Madrid II. España*. 1-52 pp.
- Ferro G. y Ames L. 1974. Resolution of Bacterial Proteins by Polyacrylamide Gel Electrophoresis on Slabs. *THE JOURNAL OF BIOLOGICAL CHEMISTRY*. Vol. 249, No. 2, 634-644 pp.
- Fry, F.E.J. 1957. Effects of the environment on animal activity. Univ. of Toronto Studies, Biological Series 55. Ontario Fisheries Research Laboratory. 68, 1-62 pp.
- Fuller, R. 1992. *Probiotics: History and Development of probiotics*. Chapman y Hall, New York.
- Garriques, D. y Arevalo, G. 1995. An evaluation of the production and use of a live bacterial isolate to manipulate the microbial flora in the commercial production of *Penaeus vannamei* postlarvae in Ecuador. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming (ed. By C.L. Browd y J.S. Hospkins), Baton Rouge, L.A. USA. In: *Swimming Through Troubled Waters. World Aquaculture Society*. 53-59 pp.

- Gatesoupe, F.J. 1991. Siderophore production and probiotic effect of *Vibrio* sp. Associated with turbot larvae, *Scophthalmus maximus*. LA USA. *Aquatic Living Resources*. 10, 239-246 pp.
- Gibson, L.F. Woodworth J. y George A.M. 1998. Probiotic activity of *aeromonas* media when challenge with *Vibrio tubiashii*. *Aquaculture*. 169, 111-120 pp.
- Gibson, L.F. 1999. Bacteriocin activity and probiotic activity of *Aeromonas* media. *Journal of Applied Microbiology*. 85, S. 243-S. 248 pp.
- Gildberg, A. Mikkelsen H. Sandaker E. y Ringo, E. 1997. Probiotic effect of lactic bacteria in the feed on growth and survival of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Hydrobiology*. 352, 279-285 pp.
- Gu, H. Mather, P.B. y Capra, M.F. 1995. Juveniles growth performance among stocks and families of red clan crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens). *Aquaculture*. 134 (1-2), 29-36 pp.
- Guillaume, J. 1997. Protein and monoacids. In: D´Abramo, R.L. Concklin, E.D. and Akiyama, D.M. (Eds). Crustacean nutrition. Advances in *World. Aquaculture Society*. USA. 26-41 pp.
- Gutiérrez-Yurrita PJ y Montes C. 2001. Bioenergetics of juveniles of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 130(1):29-38.
- Hemmingsen, A.M. 1960. "Energy metabolism as related to body size and respiratory surfaces, and its evolution" *Insulin Laboratory*. 9, 1-110 pp.
- Hewitt, D.R. 1984. Growth and bioenergetics of the freshwater prawn, *Macrobrachium australiense* Honours Thesis. James Cook University of North Queensland. 84 p.
- Hobbs, H. y Horton, Jr. 1988. Crayfish distribution, adaptive ration and evolution. In: *Freshwater Crayfish, Biology, Management and Exploitation*. D. M. Holdich and R.S. Lowery, eds. The University Press, Cambridge, Great Britain. 52-82 pp.
- Huner, J.V. 1994. Cultivation of freshwater crayfishes in Europe. In: *Freshwater Crayfish aquaculture in North America. Europe and Australia*. (ed. J.V. Huner) Hawort Press, Binghamton, N.Y. 137-156 pp.
- Huner, J.V. 1995. An Overview of the Status of Freshwater Crawfish Culture. *Journal of Shellfish Research*. 2 (14), 539-543 pp.

- James, A.W. 1989. Principles of Animal Physiologic. MacMillan Publishing. 2^{nda} Edition. 789-795pp
- Jones, C.M. 1989. Acuaculture potential of *Cherax quadricarinatus*. Queensland Department of primary Industries, Fisheries Branch. Queensland, Australia.
- Jones, C. 1990. Water quality crucial to production. Australian. Fisheries. Department of Primary Industry and Fisheries. 49 (11), 21-25 pp.
- Jones, C. 1990a. The Biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*. Queensland department of primary industries, Information series No. Q190028. Brisbane, Queensland. 130 pp.
- Jones, C. 1990b. General biology of *Cherax quadricarinatus*. In: C.C. Shelly and M. Pearce, eds. Farming the red-claw freshwater crayfish. NT. Department of Primary Industry and Fisheries Report No. 21. Northern Territory, Australia. 1-6 pp.
- Jones, C. M. 1995. Evaluation of sic diets for redclaw, *Cherax quadricarinatus*, Von Martens, held in pond enclosures. Tenth international Symposium of Scatology. Geddes, M.C. Fielded, D.R. and Richardson, A.M.M. eds. Loussiana State University, USA. 399-409 pp.
- Jones, C. y Ruscooe, I. M. 1996. Production technology for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Final report. Fisheries Research and Development corporation. *Freshwater Fisheries & Aquaculture Center Walkamin*. Australia. 155 pp.
- Jones, P.L. De Silvia, S.S. y Mitchell, B.D. 1996. Effect of Dietary protein content on growth performance, feed utilization and carcass composition in the Australian freshwater crayfish, *Cherax alvidus Clark* (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture Nutrition*. 2, 141-150 pp.
- Jones, P.L. De Silvia, S.S. y Mitchell, D.B. 1996a. The effect of dietary protein source on growth and carcass composition in Juvenils Australian Freshwater crayfish. *Aquaculture International*. 4, 361-367 pp.
- Jones, A.B. Preston, N.P. 1999. Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley), filtration of shrimp farm effects on water quality. *Aquaculture Research*. 30, 51-57 pp.
- Jones, C. y Ruscoe, I. 2000. Assessment of stocking size density in the production of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae), cultured under earthen Pond Conditions. *Aquaculture*. 189, 63-71 pp.

- Jussila, J. 1997. Physiological responses of Astacid and Parastacid crayfishes (Crustacea: Decapoda) to conditions of intensive culture. Kuopio University Publications C. Natural and Environmental Sciences. Perth, Western Australia. 136 pp.
- Kanazawa, A. 1992. Recent advances in Penaeid Nutrition in Japan. In: Allan, G. Fry w. Dall. (Eds). Proc. Aquaculture Nutritional Workshop, Salamander Bay, April 1991. *NSW Fisheries, Brackish Water Fish culture Research Station*. Salamander Bay, Australia. 15-17 pp.
- Kanazawa, A. 1985. Nutrition of Penaeid prawns and shrimps. In: Taki, Y.L.H. Primavera and J.A. Llobrera (Eds.). Proceeding of the fifth international conference on the culture of penaeid prawns/shrimps. Center Iloilo, Philippines. *Aquaculture Department South-east Asian Fisheries Development*. 123-130 pp.
- King, R. C. 1994. Growth and Survival of redclaw crayfish hatchlings (*Cherax quadricarinatus*, von Martens) in relation to temperature, with comment on the relative suitability of *Cherax destructor* for in Queensland. Environmental Factors, Part 2. London, Wiley Interscience. 17 April 1991. NSW Fisheries, Brackish water Fish. *Salamander Bay, Australia Culture Research Station*. 407-514 pp.
- Kinne, O. 1970. Temperature, animals, invertebrates. In: Marine Ecology. Vol. 2. Wiley Interscience, N.Y.
- Kureshy, N. y Davis, A. 2002. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white Shrimp *Litopeneus vannamei*. *Aquaculture*. 204, 125-143 pp.
- Kurmaly, K. Yule, A.B. and Jones, D.A. 1989. Effects of body size and temperature on the metabolic rate of *Penaeus monodon*. *Mariculture Biology*. 103, 25-30 pp.
- Kutty, M.N. Peer Mohamed, M. Thiagarajan K. y Leonard, A.N. 1971. Modification of Fry's fish activity counters and respirometer. *Indian Journal of Experimental Biology*. 9, 218-222 pp.
- Lawrence, C. y Jones, C. 2002. *Cherax*. In: Biology of freshwater crayfish (ed. B y M.D. Holdich). Blackwell Science. London, United Kingdom. 635-669 pp.
- Liñan-Cabello, M.A. Paniagua-Michael y Hokins, P.M. 2002. Bioactive roles of carotenoids and retinoids in crustaceans. *Department of Marine Biotechnology, Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada, B.C., México, Norman, USA*. 209-305.

- Lodeiros, C.E. Fernández, A. Vélez y J. Bastardo. 1988. Producción de antibióticos por bacterias marinas y su utilización en acuicultura. *Boletín Instituto Oceanográfico* 27, 63-69 pp.
- Loya-Javellana, G. N. Fielder, D.R. y Thorne, M.J. 1995. Foregut evaluation, return of appetite and gastric fluid secretion in the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*. 134 (3-4), 295-306 pp.
- Lovell., R.T. 1991. Folic acid and no-blood disease in channel catfish. Paper presented at: 20th Fish Feed and Nutrition Workshop, Cornell, New York.
- Mackay, R.D. 1974. A note on minimal levels of oxygen required to maintain life in *Penaeus shmitti*. *Proceedings World Mariculture Society*. 5, 451-452 pp.
- Martínez-Córdova, L.R. Porchas-Cornejo, M.A. Villarreal-Comenares, H. y J.A. Calderón-Pérez. 1998a. Evaluation of three feeding practices on the winter culture of yellowleg shrimp, *Penaeus californiensis* (Holmes), in low water exchange ponds. *Aquaculture Research*. 29, 573-578 pp.
- Martínez-Córdova, L.R. Campaña-Torres, A. Porchas-Cornejo, M.A. 2002. The effects of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) in low-water exchange experimental ponds. *Aquaculture Research*. 33, 995-998 pp.
- Martínez-Córdova, L.R. Campaña-Torres, A. y Porchas-Cornejo, M.A. 2002b. The effects of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). In Low-water exchange experimental ponds. *Aquaculture Research*. 33, 995-998 pp.
- Meade, E. Dossier, E. Kraus, W. Watts, A. 1994. Heat and Oxygen flux as a function of environmental p sub (O₂) in juvenile Australian crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Journal of Experimental Zoology* 270. No. 5. 461-466 pp.
- Meade, ME., Doeller, J.E., Kraus, DW y Watts, SA. 2002. Effects of Temperature and Salinity on weight Gain, Oxygen Consumption rate, and Growth Efficiency in Juvenile Red-Claw Crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol. 33, No. 2. 188 pp.
- Meade, M. E. y Watts, S. A. 1995. Weight gain and survival of juvenile Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* fed formulated feeds. *Journal of the World Aquaculture Society*. 26 (4), 469-474 pp.
- Medley, B.R.G. Nelson, L.U. Hatch, D.B. Rouse y Pinto, G.F. 1994. Economic feasibility and risk analysis of Australian Red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* Aquaculture in the Southeastern United States. *Journal of the World Aquaculture Society*. 25 (1), 135-146 pp.

- Meunpol, O. Loponyosiri K y Menasveta, P. 2003 The effects ozone and probiotics on the survival of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture*. 220, 437-448 pp.
- Mills, B.J. y McClaud, P.I. 1983. Effects of stockin and feeding ratesw on experimental pond production of the Crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda: *Parastacidae*). *Aquaculture*. 34, 51-72 pp.
- Moriarty, D.J.W. 1999. Disease control in shrimp aquaculture with probiotic bacteria. Proceeding of the 8th international Symposium on Microbial Ecology. Atlantic Canada Society for Microbial Ecology, Halifax, Canada. 237-243 pp.
- Morrisy, N.M. 1989. Astandard reference diet for crustacean nutrition research. IV growth of freshwater crayfish *Cherax tenuimanus*. *Journal of the World Acuaculture Society*. 20, 114-117 pp.
- 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 Investigaciones y Graduados del Mar. 96 p.
- Olsson, K.E. y Saltin, B. 1968. "Variation on total body water with muscle glycogen changes in man". In: *Biochemistry of Exercise*, Vol. 3. 159-162 pp.
- Paloheimo, J.E. y Dickie, L.M. 1966. Food and growth of fishes. II. Effects of the food and temperature on the relation between metabolism and body weight. *Journal Fisheries Resources*. Canada. 23 (6), 869-908 pp.
- Perdomo M.C., Vargas R.E., Campos G.J. 2004. Valor nutritivo de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae* sp.) y de sus derivados, extracto y pared celular, en la alimentación aviar. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal* ISSN: 1022-1301 Vol. 12, No. 3. 89-95 pp.
- Piedad, P.F. Cruz, M.E. y Sumalagia, A.Jr. 1990. Supplemental feeding of *Panaeus monodon* juveniles with diets containing various level of defatted soy bean meal. *Aquaculture*. 89, 183-191 pp.
- Prosser, C.L. y Brown, F.A. 1968. *Fisiología comparada*. Editorial Interamericana, Segunda Edición, México. 163-212 pp.
- Prosser, C.L. 1986. *Adaptational Biology Molecules to organisms*. John Wiley and Sons, U.S.A. 767 pp.
- Regpinpat, S. Tunyamum, A. Fast, A.W. Piyatiratitivoraku S. y Menesveta P. 2003. Enhanced growth and resistance to *Vibrio* challenge in pond-reared black

- tiger shrimp *Penaeus monodon* fed a *Bacillus* probiotic. *Disease of Aquatic Organism*. 55, 169-173 pp.
- Reigt, R.C. Braden, S.L y Caig, R.J. 1990. Apparent Digestibility coefficients for common Feed stuff in formulated Diets for red Swamp Crayfish *Procambarus Clarkii*. *Aquaculture*. 84, 321-340 pp.
- Ricker, W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. *Fish Research*. Canada. 191, 1-382 pp.
- Rivera, J.A.A. 1992. Evaluación del efecto de la variación de la temperatura y la salinidad en el metabolismo respiratorio de post-larvas de camarón café. *Penaeus californiensis* (Decapoda: Penaeida) (Colmes, 1990). Tesis, UABCS.
- Robertson, P.A.W. O'Dowd, C. Burrells, C. Williams, P. y Austin, B. 2000. Use of carnobacterium sp. As probiotic for Atlantic salmon (*Salmon salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*, Walbum). *Aquaculture*. 185, 235-243 pp.
- Rosas, C. Sánchez, A. Díaz, E. Soto, L.A. Gaxiola, G. Brito, R. Báez, R. y Pedroza, R. 1995. Oxygen consumption and ammonia excretion of *Penaeus setiferus*, *P. scmitti*, *P. duorarum* and *P. notialis* postlarvae fed purified test diets: effect of protein level on substrate metabolism. *Aquatic Living Resource*. 8, 161-169 pp.
- Roseberry, B. 1989. World Shrimp Farming 1989. *Aquaculture Digest Annual Report*. 28 pp.
- Sammy, N. 1988. Breeding biology of *Cherax quadricarinatus* in the Northern Territory. In: L.H. Evans and D. O'Sullivan, Editors. Proceeding of the first Australian Shellfish Aquaculture Conference. Curtin University of Technology. Perth Australia. 79-88 pp.
- Scelzo, A.M. y Zuñiga, O. 1987. Consumo de Oxígeno en el camaron *Penaeus brasiliensis* Latreilli (Decapada: Penaeidae) en relacion a salinidad y temperatura. Memoria, Sociedad de Ciencias La Salle. Tomo XLVLL, Num. 127-128. Puerto Madryn, Chubut, Argentina. 201-215 pp.
- Seidman, E.R. y Lawrence, A.L. Lawrence. 1985. Growth, feed digestibility and proximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* y *P. monodon* grown at different dissolved oxygen levels. *Journal World Mariculture. sociality*. 16, 333-346 pp.
- Shiau, S.Y. 1998. Nutrient requeriments of penaid shrimps. Sick, L.V. and Andrew, J.W., 1973. The effect of selected dietary lipids, Carbohidrates and proteins

on the growth, survival and body composition of the *P. duorarum*. *Aquaculture*. 164, 77-93 pp.

Smith, B.D. E.L. 1985. Seaweed detritus versus benthic diatoms as important food resources for two dominant subtidal gastropods. *Journal Experiment Marine Ecology*. 92, 143-156 pp.

Sudaryono, A. Hoxey, M.J Kailis, S.G. y Evans, L.H. 1995. Investigation of alternative Protein Sources in Practical Diets for juvenile shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. (134), 313-323 pp.

Sutcliffe, D.W., Carrick, T.R. y Moore, W. H. 1975. An automatic respirometer for determining oxygen uptake in crayfish *Austropotamobius pallipes* over periods of 3-4 days. *Journal Exploration Biology* . 63, 668-673 pp.

Suyanandana, P. Budhaka, P. Sassanarakkit, S. Saman, P. Disayaboot, P. Cai y Benno y 1998. New probiotics lactobacilli and enterococci from fish intestine and their effect on fish production. In: *Proceedings of the international Conference on Asian Network on Microbial Researches*. February 1998. Yogyakarta, Indonesia. 23-25 pp.

Swait, R.P.F. y Richarson, A.M. 1987. Respiratory responses to hypoxia in stream-dwelling (*Astacopsis franklinii*) and burrowing (*Parastocoides tasmanicus*) Parastacid crayfish. *Composition Biochemical Physiology*. 87^a (3), 813-817 pp.

Tacon, A.G. 1990. Standard Methods for nutrition and Feeding of formed Fish and Shrimp. *Argent Laboratories Press*. 208 pp.

Tacon, A.G.S. Akiyama, D. 1997. Feed ingredients. In D´Abramo, R.L. Conklin, E.D. and Akiyama, D.M (Eds). *Crustacean Nutrition Advances and World Aquaculture Society*. USA. 71-84 pp.

Thompson, K.R. Metts, L.S. Muzinic, L.A. Dasgupta,. S. y Webster, C.D. 2006. Effect of feeding practical diets containing different protein level, with or without fish meal on growth, survival, body composition and processing traits of male and female Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*), grown in ponds. *Aquaculture Research Center*. Kentucky State University, Frankfort, USA. 227-235 pp.

Tidwell, J.H. Webster, C.D. y Coyle, S.D. 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 pp.

- Verhoef, G.D. Jones, P.L. y Austing, C.M. 1998. A comparison of natural and artificial diets for juveniles of the Australian Freshwater Crayfish *Cherax destructor*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 29 (2), 243-248 pp.
- Verschuere, L. Rombaut, G. Sorgeloos, P. y Verstraete, W. 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 64, 655-671 pp.
- Vesseharan, B. y Ramasamy, P. 2003. Control de patogenicidad *Vibrio spp.* By *Bacillus subtilis* BT23, un posible probiótico para el cultivo de camarón tigre *Penaeus monodon*. *Leth Appl Microbiology*. 36, 83-87 pp.
- Villarreal, H. 1989. Alimentación, crecimiento y energía de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Smith) especial énfasis en su potencial para el cultivo comercial. Ph. D. Thesis, U of Queensland. 249 p.
- Villarreal, H. 1989b. Efecto de la temperatura sobre el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca de la langosta de agua dulce *Cherax tenuimanus* (Smith). *Compositional Biochemical Physiology*. Vol. 95^a. No 1. 189-193 pp.
- Villarreal, C. H. 1995. Utilización de la Langostilla en la Acuicultura. En: Aureoles Gamboa y Balart E.F. (Eds) *La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y Acuicultivos Santo Domingo. 250 pp.
- Villarreal, H. 1996. Evaluación del potencial de cultivo de la langosta de agua dulce Australiana *Cherax quadricarinatus* en función de su eficiencia bioenergética. Memorias del tercer symposium Internacional de nutrición Acuicola. Noviembre 11-13, 1996. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N. L., México.
- Villarreal, H. y L. Ocampo. 1991. Efecto del tamaño y la temperatura sobre el consumo de oxígeno de la langosta de agua dulce *Penaeus californiensis* (Holmes, 1990). Poster. 22nd Annual Conference and exposition. San Juan, Puerto Rico, June 16-20. 1991. *World Aquaculture Society*. 15 pp.
- Villarreal, H. y Peláez, A. 1997. Cultivo de la langosta de Agua Dulce en Ecuador. *Panorama acuícola*.
- Villarreal, H. y Peláez, A. 1999. Biología y cultivo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Decapoda Parastacidae). CIBNOR, México. Manual de producción. 1-150 pp.
- Villarreal, H. 2000. Cultivo de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (redclaw), una oportunidad para la diversificación de la industria acuícola.

Memorias: tercer simposium internacional de acuicultura. AQUAMEXICO 2000. Mazatlán, México 5-7 octubre. 91-107 pp.

Webster, C.D. Goodgame-Tiu, L.S. Tidwell, J.H. y Rouse, D.B. 1994. Evaluation of practical feed formulations with different protein levels for juvenile red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Transactions of the Kentucky Academy of Sciences. 55, 108-112 pp.

Webster, C.D. Thompson, K.R. Muzinic, L.A. Rouse, D.B. and Manomaites, L. 2002b. Culture and Nutrition of Red Claw Crayfish. Part 2. *Aquaculture Magazine*. 28 (5), 35-40 pp.

Wilson, J.A. 1979. Principles of Animal Physiology. Macmillan. New York. 894 pp.

Williams, W. D. 1980. Australian freshwater life: The invertebrates of Australian inland waters. Macmillan. Victoria. 321 pp.

Williams, I.H. Lawrence, C.S. Cheng, Y.W. y Morrisy, N.M. 2000. Acomparations of mixed-sex vs. monosex growout and different diets on the growth rate of freshwater crayfish (*Cherax albidus*). *Aquaculture*, 185, 281- 289 pp.

Wolvekamp, N.R. Waterman, T.H. 1960. Respiration. In: T. H. Waterman (Editor). New York. *The Physiology of Crustacean*, Academic Press. 670 pp.

Yasuda, K. y Taga, N. 1980. A mass culture method for Artemis Salina using bacteria as food. *Mer*. 18, 53-62 pp.

Yeh, H.S. y Rouse, D.B. 1995. Effects of water temperature, density and sex ratio on the spawning rate of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens). *Journal of the World Aquaculture Society*. 26, 160-164 pp.

Zendejas, J. 1991. Alimentos para camarón y sistemas de alimentación. En purina, S.A. Taller sobre el cultivo de camarón, Mazatlán, Sinaloa, Julio 17-19. 14 pp.

Zeuthen, E. 1953. Oxigen uptake as related to body size in organismos. *Review Biology*. 28, 1-12 pp.