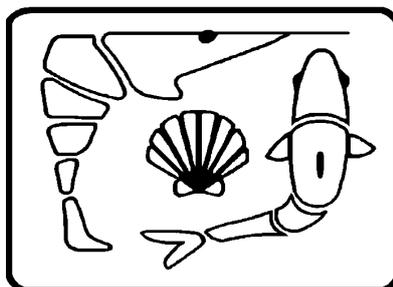




EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y
TECNOLÓGICAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ACUACULTURA



**EFFECTO DE LA PROPORCIÓN PROTEÍNA/ENERGÍA
DIETÉTICA EN EL DESEMPEÑO BIOLÓGICO DE
Litopenaeus vannamei EN BAJA TEMPERATURA.**

T E S I S

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

MARCEL MARTÍNEZ PORCHAS

Hermsillo, Sonora

Agosto del 2006

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

APROBACIÓN

Los miembros del Comité designado para revisar la tesis de Marcel Martínez Porchas, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias.

Dr. Martín Pérez Velázquez
Presidente

Dra. Mayra L. González Félix
Sinodal Secretario

M. en C. Lorena Bringas Alvarado
Sinodal

Dr. Gerardo Navarro García
Sinodal

DEDICATORIA

- Antes que a nadie a ti Señor, que me has acompañado a lo largo de este proceso y has hecho posible concluir una nueva etapa en mi vida

“Todas las cosas por él fueron hechas, y sin él nada de lo que ha sido hecho, fue hecho...”

Juan 1:3

- A ustedes, mis padres Luis Rafael Martínez Córdova y Julia Porchas Cornejo, quienes me han enseñado el valor de la vida y que en cada momento me han brindado su amor y apoyo incondicional, siendo el motor de mi vida. Nunca terminaré de agradecerle a Dios por la bendición tan grande que me ha dado con unos padres como ustedes. Los amo.
- A mis hermanas Marysol y Mariel Martínez Porchas quienes han compartido conmigo momentos de gozo y alegría y que estoy seguro, seguirá siendo así.
- A mis queridos abuelos Miguel Porchas Jiménez y María E. Cornejo Trujillo. Quienes me han brindado su cariño y que han sido para mí un ejemplo de trabajo y honestidad.
- A mis abuelos Rafael Martínez † y Oralia Córdova †.
- A mis mejores amigos Mario Lizola, Erika Montaña, Leonardo Báez, José H. Barajas, Enrique Vizcarra, Erika Escamilla, Ignacio Gómez, Ali Ochoa, etc. Gracias por su cariño y aprecio incondicional.
- A mi Familia en general que indiscutiblemente es una parte muy importante de mi vida.
- A mi novia y mejor amiga Anabel Enid Kennedy Paz. A ti amor que has llenado de felicidad mi vida y que estas siempre conmigo en los buenos y malos momentos, teniendo siempre una palabra de amor, de consejo, de aliento.....♥

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Sonora y al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas por darme la oportunidad de llevar a cabo una etapa más en mi vida profesional.

A mis asesores y amigos Dr. Martín Pérez Velázquez y Dra. Mayra L. González Félix quienes me han apoyado incondicionalmente no solo en la realización de este trabajo, sino a lo largo de mi formación profesional..... Gracias.

A mis asesores M en C. Lorena Bringas A. y Dr. Gerardo Navarro G. por su amable disposición y apoyo para al elaboración de este trabajo.

A todos mis maestros y compañeros de la maestría que me acompañaron a los largo de estos 2 últimos años.

A el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a mi así como a miles de estudiantes quienes en un futuro no muy lejano, espero seamos una pieza importante del motor que impulse el desarrollo de México.

CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
<u>Nutrición</u>	2
Proteína	3
Carbohidratos	4
Energía	5
II. OBJETIVOS	8
<u>II.1.-Objetivo General</u>	8
<u>II.2.-Objetivos Particulares</u>	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	9
<u>III.1 Unidad Experimental</u>	9
<u>III.2 Organismos Experimentales</u>	9
<u>III.3 Dietas y Tratamientos Experimentales</u>	12
<u>III.4 Calidad de Agua</u>	16
III.4.1 Nitrógeno Amoniacal	16
III.4.2 Nitritos	16
III.4.3 Nitratos	17
III.4.4 Fosfatos	17
<u>III.5 Parámetros de producción</u>	18

III.5.1	Peso final	18
III.5.2	Peso ganado	18
III.5.3	Porcentaje de crecimiento	18
III.5.4	Factor de conversión alimenticia	19
III.5.5	Tasa instantánea de crecimiento	19
III.5.6	Supervivencia	19
<u>III.6</u>	<u>Análisis Estadístico</u>	20
IV.	RESULTADOS	21
<u>IV.1</u>	<u>Parámetros Físicoquímicos</u>	21
<u>IV.2</u>	<u>Calidad de agua</u>	21
<u>IV.3</u>	<u>Parámetros de producción</u>	23
V.	DISCUSION	31
VI.	CONCLUSIONES	37
VII.	RECOMENDACIONES	39
VIII.	LITERATURA CITADA	40

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
Figura 1.	Sistema experimental de la Unidad Experimental Kino, Bahía Kino, Sonora.	10
Figura 2.	Detalle de las tinas de plástico de 4.2 m ³ utilizadas para el experimento con <i>Litopenaeus vannamei</i> .	11
Figura 3.	Comportamiento de temperatura a lo largo del período experimental.	25
Figura 4.	Supervivencia de <i>Litopenaeus vannamei</i> alimentados con dietas experimentales con diferentes proporciones proteína/energía en baja temperatura.	27
Figura 5.	Comportamiento del crecimiento de <i>Litopenaeus vannamei</i> alimentados con dietas experimentales con diferentes proporciones proteína/energía en baja temperatura.	28
Figura 6.	Comparación del porcentaje de crecimiento de <i>Litopenaeus vannamei</i> durante las primeras seis semanas y las últimas cuatro.	29
Figura 7.	TIC obtenida de las primeras seis semanas de tratamiento comparadas con la obtenida durante las últimas cuatro.	30

INDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
Tabla I.	Composición de ingredientes, contenido de proteína, energía y proporción P/E de las dietas utilizadas.	14
Tabla II.	Composición química proximal, proporción P/E (mgP·kcal ⁻¹) y contenido de energía de las dietas experimentales.	15
Tabla III.	Valores promedio de parámetros fisicoquímicos en los diferentes tratamientos.	22
Tabla IV.	Valores promedio de parámetros de calidad de agua a lo largo del experimento.	22
Tabla V.	Valores promedio de parámetros de producción de <i>Litopenaeus vannamei</i> alimentados con dietas experimentales con diferentes razones proteína/energía en baja temperatura.	26

RESUMEN

Se realizó un estudio alimentando a juveniles de *Litopenaeus vannamei* con tres dietas con diferente proporción de proteína energía (66.7, 77.8 y 88.5 mgP·kcal⁻¹), con el objetivo de ver el efecto sobre los parámetros de producción en condiciones de baja temperatura. La temperatura inicial fue de alrededor de 20°C, disminuyendo paulatinamente en 10 semanas hasta 10°C. El PG% fue 188.6, 173.4 y 176.8%; el FCA, 2.91, 3.2 y 3.1; la TIC, 1.6, 1.5 y 1.5; la supervivencia, 64.5, 64.3 y 74.1%, para los tratamientos mencionados, no existiendo diferencias estadísticas en ninguno de éstos parámetros, los cuales fueron afectados por la baja temperatura, al disminuir el metabolismo de los organismos. El PG% para las primeras seis semanas ($\approx 20^\circ\text{C}$) fue: 147, 150 y 135%, y en las últimas cuatro semanas ($\approx 10^\circ\text{C}$) fue: 17, 9 y 10%. La TIC en la primera parte fue: 3.36, 3.40 y 3.41; en la segunda parte fue: 0.58, 0.33 y 0.34 para los tres tratamientos. De manera global, el contenido proteico, energético y la razón P/E no tuvieron un efecto significativo sobre el crecimiento. Sin embargo cuando se presentaron las temperaturas más bajas (10°C), el tratamiento de 66.7 mostró mejores resultados de crecimiento.

mgP·kcal⁻¹: Miligramos de Proteína sobre Kilocaloría; %PG: Porcentaje de Peso Ganado; FCA: Factor de Conversión Alimenticia; TIC: Tasa Instantánea de Crecimiento; P/E: Proteína sobre Energía.

ABSTRACT

A feeding trial was conducted with juvenile *Litopenaeus vannamei* where three diets with different protein-energy ratios 66.7, 77.8 y 88.5 mgP·kcal⁻¹ were tested, the objective was to observe the effect on the production parameters during low temperature conditions. The initial temperature was approximately 20°C gradually diminishing throughout the 10 weeks until 10°C. The WG% was 188.6, 173.4 and 176.8%; the FCR, 2.91, 3.2 and 3.1; the IGR, 1.6, 1.5 and 1.5; the survival, 64.5, 64.3 and 74.1% for the mentioned treatments, no significant differences for these parameters among treatments were observed, but they were affected by the low temperature, diminishing the organisms metabolism. The WG% during the first six weeks (≈20°C) was: 147, 150 and 135%, and for the last four weeks (≈10°C) was: 17, 9 and 10%. The IGR during the first part was: 3.36, 3.40 and 3.41; in the second part was: 0.58, 0.33 and 0.34 for the three treatments. Globally, the protein content, the energy content and the P/E ratio did not show a significant effect on the growth rate. Although when the lowest temperatures appeared (10°C), the 66.7 treatment showed a better growth response.

mgP·kcal⁻¹: Milligrams of Protein over kilocalorie; WG%: Weight Gain Percentage; FCR: Feed Conversion Ratio; IGR: Instant Growth Rate; P/E: Protein Over Energy.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La demanda mundial de alimento de la población se incrementa cada año ya que la población va en aumento día con día en forma geométrica y la producción de alimento crece a una tasa menor a la del crecimiento de la población. Por ello se han buscado alternativas para la producción de alimento, tal como lo es la acuicultura (Martínez-Córdova, 1999). La acuicultura es la rama de la biotecnología que más se ha desarrollado en los últimos años (FAO 1995, 2003).

Dentro de la acuicultura se consideran especies de plantas, peces, moluscos, crustáceos y otros organismos.

Los crustáceos tienen gran importancia en la acuicultura debido a que tienen un alto valor comercial, lo cual es atractivo desde el punto de vista de un productor.

El camarón es el crustáceo mayormente cultivado a nivel mundial. Son varias las especies que se cultivan, principalmente aquellas de camarones peneidos, tales como: *Penaeus semisulcatus*, *P. monodon*, *Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris*, *L. setiferus*, *Marsopenaeus japonicus*, *Fenneropenaeus chinensis* y *F. merguensis*, entre otros (Martínez-Córdova, 1999).

La selección de las especies a cultivar hace principalmente con base en 5 características acuaculturales deseables: alta tasa de fecundidad; crecimiento acelerado en la fase juvenil; adaptabilidad a condiciones ambientales variables, resistencia al manejo y enfermedades y alto valor en el mercado (Martínez-Córdova, 1999; Campaña-Torres et al., 2005).

El camarón blanco del Pacífico, *L. vannamei*, ocupa el segundo lugar en cuanto a producción a nivel mundial. En México es la especie mayormente cultivada, rebasando las 40,000 toneladas (Diario Oficial de la Federación, 2004).

Esta especie es nativa de la costa oeste del Océano Pacífico y su distribución es desde el Golfo de California hasta las costas de Perú. Se cultiva óptimamente a temperaturas entre 25 y 30°C, pero se ha visto que puede crecer a temperaturas por encima de 30°C.

También es capaz de tolerar un amplio rango de salinidades, aunque el óptimo se ubica entre 15 y 30 ppmil (Martínez-Córdova, 1999).

Estos organismos alcanzan una talla comercial de 20 gramos en 4 a 6 meses a partir de postlarva 5, cuando se maneja a densidades de 50,000 a 75,000 organismos por hectárea de cultivo (Lawrence et al, 1983). Sin embargo, actualmente se cultiva a densidades muy variadas, desde 5 hasta 500 organismos/m² es decir, su cultivo puede hacerse de manera extensiva hasta superintensiva. (Martínez-Córdova, 2002).

Nutrición

La nutrición de cualquier organismo en cultivo es un factor determinante para una buena o mala producción.

Se han desarrollado numerosas investigaciones concernientes al cultivo de camarones peneidos en el área de nutrición, en donde se ha estudiado el requerimiento de macronutrientes tales como proteína (Velasco et al., 2000), lípidos (Fenucci et al., 1981; D'Ábramo y Sheen, 1993) y carbohidratos (Rosas et al., 2001); así como de

micronutrientes tales como vitaminas (Dall, 1995; Shiau y Hsu, 1994) y minerales (Davis y Lawrence, 1997).

Proteína

La proteína es posiblemente el macronutriente funcional de mayor importancia dentro de la nutrición de esta especie, así como de la mayoría de las especies acuícolas. Las proteínas están conformadas por aminoácidos y forman parte principalmente del tejido muscular, tejido conectivo; también pueden ser utilizadas como energía o para la formación de anticuerpos, los cuales forman parte del sistema inmunológico de los organismos (Lehninger, 1995).

Numerosos estudios se han ocupado de investigar los requerimientos cuantitativos de este nutriente en camarones peneidos. Sin embargo, hay una gran variabilidad en dichas estimaciones. Por ejemplo, Aranyakananda (1993) reportó un requerimiento de 15% de proteína para *L. vannamei*, en tanto que otros estudios señalan un requerimiento de 30% (Cousin *et al.*, 1993), mayor a 36 % (Smith *et al.*, 1984), e incluso mayor a 40% (Colvin y Brand, 1977) para la misma especie. Estas discrepancias pueden ser explicadas en función de las distintas condiciones experimentales utilizadas por los investigadores, ya que el requerimiento de proteína depende de factores tales como la presencia de productividad natural en el sistema de cultivo, la talla de los organismos y estatus fisiológico, entre otros.

Por otra parte, el contenido de proteína en la dieta tiene un efecto sobre la actividad de las enzimas digestivas (Le Moullac *et al.*, 1996). A este respecto Guzman *et al.* (2001), analizaron experimentalmente el efecto que tenía el nivel proteico y energético de la dieta sobre los parámetros de producción y actividad enzimática en *L. setiferus*, concluyeron que

las altas mortalidades presentadas en algunos de sus tratamientos dietéticos pudieron deberse al alto contenido de proteína que éstos tenían, el cual ocasionó la acumulación de metabolitos tóxicos en hemolinfa, tales como el amonio. Esto concuerda con estudios realizados por Schmitt y Santos (1999), quienes afirman que el metabolismo de *P. paulensis* se ve afectado por compuestos nitrogenados, siendo también el alimento la principal fuente de nitrógeno.

Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen uno de los principales sustratos energéticos en el metabolismo de crustáceos (Hu, 1958), incluyendo *L. vannamei*. Es importante que una dieta contenga la suficiente cantidad de carbohidratos para cubrir el gasto energético del metabolismo y demás funciones de los organismos, permitiendo que la proteína forme parte del tejido y no sea utilizada como energía (Dokken, 1987). Cuando los carbohidratos no son suficientes en la dieta se incrementa la actividad de la enzima fosfoenol piruvato carboxiquinasa (Rosas et al, 2001), una enzima involucrada en el proceso de gluconeogénesis, lo cual indica que parte de la proteína es utilizada por el organismo como fuente de energía (Lehninger, 1995). Es bien sabido que la proteína es el insumo de mayor costo en las dietas de camarón y de otros organismos acuícolas y por lo tanto, como se ha indicado, es deseable que sea utilizada mayormente en la formación de tejidos, es decir, de biomasa de camarón (Dersjant-Li, 2002).

Energía

La energía no constituye un nutriente, pero es un producto de absorción y metabolismo de los macro componentes de los alimentos (Rodríguez, 1999).

Todos los organismos vivos requieren de energía química para llevar a cabo sus funciones metabólicas, que a su vez hacen posible el desarrollo de otras diversas funciones físicas.

En comparación con organismos homeotermos terrestres, la eficiencia energética es mejor en organismos acuáticos (peces y crustáceos) debido a que no requieren energía para el mantenimiento de calor corporal, requieren menos energía para mantener una posición en el agua y tienen un metabolismo de nitrógeno más eficiente (Rosas-Vásquez, 1996).

En virtud de la capacidad de los camarones para obtener su energía ya sea a partir de proteínas, lípidos o carbohidratos (Rosas-Vásquez, 1996), es importante que la formulación de alimentos maximice la utilización de proteína para el crecimiento y no como fuente de energía, lo cual constituye una estrategia atractiva para el productor no solamente desde el punto de vista de costo-beneficio (Bautista, 1986; Akiyama *et al.*, 1993), sino también desde la perspectiva del cuidado del ambiente, ya que con un alimento con estas características reduciría considerablemente los compuestos nitrogenados en los efluentes.

Hace más de treinta años, Andrews *et al.* (1972) advirtieron la importancia de la proporción entre la proteína y la energía (P/E) contenidas en el alimento de los camarones peneidos. Sin embargo, pocos estudios han abordado este tema para *L. vannamei* u otras especies de camarones peneidos. Entre los resultados obtenidos, se encuentra el trabajo de Hajra *et al* (1988), quienes demostraron para *P. monodon* que una cantidad de energía en la

dieta menor o mayor a la óptima puede tener efectos negativos sobre la tasa de crecimiento. Destacan los valores óptimos de proporción P/E reportados por Rosas et al. (2001) para *L. vannamei*, quienes utilizando alimentos con contenido de proteína de 33-44% y 6-23% de carbohidrato, encontraron un requerimiento de 36 mg de proteína por kilojoules ($\text{mgP}\cdot\text{kJ}^{-1}$) para organismos con peso corporal menor a 1 g y de 26-36 $\text{mgP}\cdot\text{kJ}^{-1}$ para individuos con peso mayor a 1 g. Por su parte, Cousin et al. (1993) reportaron una proporción P/E de 83.2 $\text{mgP}\cdot\text{kcal}^{-1}$ para esta misma especie. Con respecto a otras especies de camarones peneidos, Guzman et al. (2001) reportaron un valor de 119.8 $\text{mgP}\cdot\text{kcal}^{-1}$ para *L. setiferus*, en tanto que se ha estimado un valor de 116.5 $\text{mgP}\cdot\text{kcal}^{-1}$ para *P. monodon* (Alava y Pascual, 1987; Hajra et al 1988).

Sin embargo, los estudios anteriormente mencionados han sido realizados bajo condiciones controladas, en las cuales los organismos no están expuestos a condiciones de estrés. En una granja acuícola se tienen variables físicas y químicas que difícilmente pueden ser controladas y que pueden afectar a los organismos e inclusive modificar sus requerimientos nutricios.

Algunas de estas variables pueden ser el pH, salinidad, presencia de algunos elementos químicos (nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, fosfatos), temperatura, entre otros.

La temperatura es un factor que no puede ser controlado en la gran mayoría de las granjas y que tiene un efecto muy significativo en el metabolismo de los organismos acuáticos (Re et al., 2004). La temperatura óptima de crecimiento para *L. vannamei* es de 25-30 °C (Martínez-Córdova, 1999). Aunque en México se cuenta con zonas en las que la temperatura está dentro de este rango la mayor parte del año, en otras como Sonora, estas temperaturas adecuadas solo se encuentran en menos de 8 meses año, lo cual permite que

se lleve a cabo un solo ciclo de cultivo con una duración de 6 a 7 meses, que inicia generalmente en el mes de abril y concluye a fines del mes de octubre o inicios del mes de noviembre. Hacia el fin del ciclo de cultivo, la temperatura del agua se reduce progresivamente. Debido a que el metabolismo de los organismos poiquiloterms se reduce a medida en que la temperatura ambiental disminuye, es razonable pensar que los requerimientos nutricionales de proteína y de energía cambien. Lamentablemente, no existen estudios encaminados a elucidar estos aspectos, por lo que en las granjas no se considera el uso de alimentos balanceados con adecuaciones del perfil nutricional en función de la reducción progresiva de la temperatura. Tal información podría conducir a ahorros considerables en el costo del alimento, al implementarse la utilización de alimentos con, por ejemplo, menor concentración proteica pero igual o mayor densidad energética.

Por todo esto, es importante realizar investigaciones enfocadas a resolver este problema, tal como se propone en el presente estudio.

II. OBJETIVOS

II.1.-Objetivo General

Evaluar el efecto de la proporción proteína/energía dietética sobre los parámetros de producción de *L. vannamei*, cultivado a temperaturas por debajo del rango óptimo.

II.2.-Objetivos Particulares

- Elaborar dietas con diferente proporción proteína/energía.
- Monitorear parámetros fisicoquímicos en el sistema de cultivo.
- Evaluar el efecto de dietas con diferentes proporciones de P/E en el desempeño biológico del camarón blanco en condiciones de baja temperatura.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1 Unidad Experimental

Un experimento de 10 semanas de duración se llevó a cabo en la Universidad de Sonora en las instalaciones de la Unidad Experimental Kino (UEK) del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS).

Éste se realizó en tinas de plástico con capacidad de 4.2 m³, a las cuales se les agregó tierra como sedimento para simular las condiciones de estanques camaronícolas. (Figura 1 y 2).

En el sistema de cultivo se trabajó con una tasa de recambio de agua de alrededor del 10% diario.

III.2 Organismos Experimentales

Se obtuvieron postlarvas 20 (PL-20) del laboratorio comercial “Maricultura del Pacífico S.A. de C.V.”, las cuales fueron transportadas en bolsas de plástico en condiciones de 25‰ de salinidad y temperatura de 25°C. Estas postlarvas fueron engordadas previamente al experimento hasta una talla de 1.5 gramos utilizando un alimento comercial balanceado con 40% de proteína.

Una vez alcanzada la talla deseada, se llevó a cabo una distribución de tallas y se eligió un rango de peso inicial de organismos (1.2 a 1.8 gramos) que formarían parte del experimento.

Ya obtenidos los organismos, se asignaron al azar a los diferentes tratamientos, sembrándose a una densidad de 9 organismos/m².



Figura 1. Sistema experimental de la Unidad Experimental Kino, Bahía Kino, Sonora.



Figura 2. Detalle de las tinas de plástico de 4.2 m³ utilizadas para el experimento con *Litopenaeus vannamei*.

III.3 Dietas y Tratamientos Experimentales

Se elaboraron tres dietas experimentales con las siguientes proporciones de proteína y energía: 30% proteína y 4,500 cal·g⁻¹; 35% proteína y 4,500 cal·g⁻¹; y 35% proteína y 4,000 cal·g⁻¹, con las cuales se originaron los tratamientos experimentales de proporción P/E 66.7 mgP·kcal⁻¹, 77.8 mgP·kcal⁻¹ y 88.5 mgP·kcal⁻¹, respectivamente, tal como se muestra en la Tabla I. En lo sucesivo, dichos tratamientos serán referidos en el texto como tratamientos 66.7, 77.8 y 88.5, respectivamente.

Las dietas fueron sometidas a un análisis químico proximal para corroborar que las proporciones de los nutrientes correspondieran a las de la formulación. Las determinaciones se llevaron a cabo con base en los métodos oficiales de la AOAC (1999).

Para la determinación de proteína se utilizó el método microkjeldahl, basado en una digestión ácida (AOAC: 954.01).

La determinación de fibra cruda se llevó a cabo midiendo tomando en cuenta la pérdida de peso por incineración de un residuo orgánico que quedó después de una digestión de la muestra con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio diluidos (AOAC: 989.03).

Los carbohidratos fueron obtenidos mediante la resta del extracto libre de nitrógeno total, menos el contenido de fibra cruda presente en la dieta.

El contenido de grasa fue obtenido utilizando el método Soxhlet el cual consiste en la extracción de la grasa presente en la muestra con éter etílico (AOAC: 920.39).

La energía total contenida en el alimento fue determinada empleando un calorímetro en donde la combustión de la muestra aumentaba la temperatura de un cierto volumen de agua.

La composición química proximal de las dietas y el contenido de energía, así como la proporción P/E se muestran en la Tabla II.

Los tratamientos fueron asignados al azar a tres tinas de plástico cada uno (Figura 2).

El alimento se suministró en bandejas y se ajustó la ración diaria con respecto al consumo aparente (Salame, 1993) de la siguiente manera:

Si el alimento era consumido totalmente	Se aumentaba la ración en 10%
Si había un excedente de 5%	No se modificaba la ración
Si hay un excedente de 10%	Se disminuía la ración en 10%
Si había un excedente de más de 20%	Suspender la alimentación y reiniciar al día siguiente

Se monitorearon diariamente parámetros fisicoquímicos tales como oxígeno disuelto, pH, temperatura y salinidad. El oxígeno disuelto y la temperatura, se midieron utilizando un oxímetro (YSI 57 D.O. Meter E-DO-YS-57-MTR, USA). Para la salinidad se utilizó un refractómetro Westover Modelo RHS-10-AT, Westover Co. USA. El pH fue medido con un potenciómetro (YSI Model 32 Conductance Meter, USA).

Tabla I. Composición de ingredientes, contenido de proteína, energía y proporción P/E de las dietas utilizadas.

Ingrediente	Tratamiento Proporción P/E(mgP kcal ⁻¹)		
	66.7	77.8	88.5
	% del peso seco	% del peso seco	% del peso seco
Almidón de trigo	12.00	14.00	9.50
Harina de Pescado	35.00	40.00	22.00
Harina de Soya	10.00	17.00	15.00
Sorgo	28.20	14.91	25.00
Harina de Sangre	0	0	14.20
Aceite de Pescado	2.00	2.00	2.50
Aceite de Soya	3.00	2.29	2.50
Lecitina de Soya	3.00	3.00	2.50
Prem, Vitaminas	0.50	0.50	0.50
Vit C estable	0.30	0.30	0.30
Premezcla de Minerales	2.00	2.00	2.00
Alginato	4.00	4.00	4.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00
Energía Total	4614.11	4648.00	4090.76
(kcal·kg ⁻¹)			
Energía Digerible(kcal·kg ⁻¹)	3638.09	3694.24	3181.32
Proteína Cruda (%)	30.11	35.18	35.28
Fibra (%)	4.71	4.66	4.94
Grasa Total (%)	11.66	11.09	10.13
Materia Seca (%)	92.18	92.34	91.56

Tabla II. Composición química proximal, proporción P/E (mgP·kcal⁻¹) y contenido de energía de las dietas experimentales.

Componente	Composición proximal (% en materia seca)		
	66.7	77.8	88.5
Ceniza	9.6	10.8	9.6
Proteína	29.4	34.5	34.3
Grasa	12.1	12.5	11.3
Fibra Cruda	4.7	4.6	5.0
P/E	65.9	76.4	83.5
Energía Total (kcal·kg ⁻¹)	4458.7	4520.3	4100.7
Humedad del pellet	4.4	5.2	5.4

*Valores promedio de tres réplicas

III.4 Calidad de Agua

Semanalmente fueron medidos parámetros de calidad de agua tales como nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y fosfatos. Para ello se utilizaron las técnicas impresas en el manual HACH DR/4009, aprobadas por la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA).

III.4.1 Nitrógeno Amoniacal

El amoniaco fue medido mediante una reacción de 25 mL de muestra con el reactivo Salicilato de Amonio. Posteriormente se procedió a agitar y después de un período de 3 minutos se agregó un segundo reactivo (Cianurato de Amonio), se volvió a agitar la muestra y se dejó reposar nuevamente por 15 minutos. Una vez transcurrido el tiempo necesario, se formó un complejo colorimétrico y se midió en un espectrofotómetro (HACH) a una longitud de onda de 655nm. La intensidad de color fue proporcional a la concentración de amoniaco presente en la muestra, tomando como blanco 25 mL de agua destilada y agregando los mismos reactivos que a la muestra.

III.4.2 Nitritos

La concentración de nitritos fue medida como nitrógeno total de NO_2 . Para ello, a 10 mL de muestra se le agregó el reactivo Nitra Ver 3. Posteriormente se agitó y se dejó reposar. Después de una reacción de 20 minutos se formó un color rosa cuya intensidad era directamente proporcional a la concentración de nitritos presente en la muestra.

Después de llevada a cabo la reacción, la intensidad de color fue medida en HACH a una longitud de onda de 507 nm. Para que el espectrofotómetro ajustara al curva de calibración se tomaron 10 mL de la misma muestra sin reactivo, la cual se colocó en el aparato y se ajustó la medición a cero.

III.4.3 Nitratos

Para determinar el contenido de éste compuesto se agregó el reactivo NitraVer 5 a 10 mL de muestra. Se agitó y se esperó un período de reacción de 5 minutos. Una vez transcurrido el tiempo indicado se procedió a leer en el HACH a una longitud de onda de 500 nm, tomando como blanco 10 mL de la muestra sin reactivo.

III.4.4 Fosfatos

La concentración de fosfatos fue determinada mediante una reacción colorimétrica del ácido ascórbico con los fosfatos presentes en la muestra.

A 10 mL de muestra se le agregó el reactivo PhosVer 3 y se agitó inmediatamente. Se dejó reposar la muestra con reactivo durante 2 minutos. Una vez transcurrido el período de reacción se procedió a leer la muestra a una longitud de onda de 890 nm. Se tomo como blanco una cantidad de 10 mL de la misma muestra, pero esta sin reactivo.

III.5 Parámetros de producción

Semanalmente se llevaron a cabo biometrías de cada tratamiento para observar el desarrollo de los organismos con respecto al tiempo. El peso fue determinado tomando 10 organismos de cada tina y pesándolos individualmente en una balanza digital Sartorius (modelo Ea3 Dcei, Alemania), con una precisión de 0.1 g. Se determinó el peso promedio y la desviación estándar.

Al finalizar el período experimental fueron medidos los parámetros de producción peso final (PF), peso ganado (PG), porcentaje de peso ganado (%PG), factor de conversión alimenticia (FCA), tasa instantánea de crecimiento (TIC) y supervivencia.

III.5.1 Peso final

Los organismos de cada tratamiento fueron pesados al final del experimento, dividiendo el peso de éstos entre el número de organismos pesados.

$$PG = P.final - P.inicial$$

III.5.2 Peso ganado

El valor de peso ganado se obtuvo mediante la resta del peso final menos el peso inicial de los organismos.

III.5.3 Porcentaje de crecimiento

Para obtener el porcentaje de crecimiento se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{(PG)(100)}{P.Inicial} = \%PesoGanado$$

III.5.4 Factor de conversión alimenticia

El FCA fue medido mediante la siguiente fórmula:

$$FCA = \frac{Peso.AS.}{Días.de.Tratamiento}$$

- AS: Alimento suministrado.

III.5.5 Tasa instantánea de crecimiento

$$TIC = \frac{\left[\ln \left(\frac{P.Final}{P.Inicial} \right) \right] (100)}{Días.de.Tratamiento}$$

III.5.6 Supervivencia

La supervivencia se obtuvo mediante la siguiente fórmula.

$$Supervivencia = \frac{(\text{No. de organismos al final del experimento})(100)}{\text{No. de organismos al inicio del experimento}}$$

III.6 Análisis Estadístico

Para determinar la normalidad de y homogeneidad de los datos se utilizó la prueba estadística de Bartlett. Los datos presentaron una distribución normal y varianzas homogéneas a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Se utilizó una prueba estadística ANOVA de una sola vía en donde la proporción Proteína/Energía de cada dieta se tomó como variable independiente y los parámetros fisicoquímicos, calidad de agua (nitritos, nitratos y amoníaco) y parámetros de producción como variables dependientes.

Las diferencias significativas fueron identificadas mediante un análisis de Duncan.

Los datos de supervivencia fueron transformados mediante la aplicación de arcoseno para normalizarlos antes de ser sometidos a análisis estadístico.

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el uso del programa de computadora Statistica. 6.0, Statsoft, USA.

IV. RESULTADOS

IV.1 Parámetros Fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos se muestran en la Tabla III. No existieron diferencias significativas entre los parámetros fisicoquímicos de los diferentes tratamientos, con excepción del oxígeno disuelto, el cual fue significativamente más alto para el tratamiento 87.5 en comparación con los otros dos tratamientos.

El comportamiento de la temperatura global a lo largo del período experimental se muestra en la Figura 3.

IV.2 Calidad de agua

Los resultados de la calidad de agua obtenida se encuentran expresados en la Tabla IV.

No existieron diferencias significativas entre el promedio global de las concentraciones de nitratos, nitritos y fosfatos.

Los resultados de la concentración de nitrógeno amoniacal presentaron diferencias significativas entre los tratamientos 66.7 y 77.8, siendo mayor en este último. Sin embargo, el resultado del tratamiento 88.5 no fue estadísticamente diferente al de los demás tratamientos.

Tabla III. Valores promedio de parámetros fisicoquímicos en los diferentes tratamientos.

Tratamiento Proporción P/E (mgP·kcal ⁻¹)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg·L ⁻¹)	Salinidad (mg·L ⁻¹)	pH
66.7	14.23 ± 0.4	6.8 ± 0.2 ^b	47.7 ± 0.3	8.5 ± 0.1
77.8	14.11 ± 0.7	6.8 ± 0.1 ^b	47.7 ± 0.2	8.5 ± 0.1
87.5	14.55 ± 0.5	7.5 ± 0.3 ^a	47.4 ± 0.2	8.4 ± 0.1

Tabla IV. Valores promedio de parámetros de calidad de agua a lo largo del experimento.

Tratamiento Proporción P/E (mgP·kcal ⁻¹)	Nitratos (mg·L ⁻¹)	Nitritos (mg·L ⁻¹)	Nitrógeno Amoniacal (mg·L ⁻¹)	Fosfatos (mg·L ⁻¹)
66.7	1.30 ± 0.50	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01 ^a	0.96 ± 0.37
77.8	1.30 ± 0.60	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.01 ^b	0.87 ± 0.46
87.5	1.50 ± 0.50	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.02 ^{ab}	0.66 ± 0.25

IV.3 Parámetros de producción

La Tabla V presenta los valores obtenidos de los parámetros de producción al final del experimento. Aunque el tratamiento 66.7 presentó una tendencia a un mejor desempeño que los demás tratamientos, de acuerdo con todos los parámetros medidos (PF, PG, %PG, FCA y TIC), las diferencias no fueron significativas.

Para los datos de supervivencia, tampoco se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 4).

El comportamiento del crecimiento de los organismos a lo largo de cada semana se encuentra plasmado en la Figura 5. El análisis estadístico no reportó diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las semanas durante el experimento.

La Figura 6 muestra el porcentaje de crecimiento de la semana 1 a 6 comparado con el obtenido a partir de la semana 6 hasta el final del período experimental. El %PG de la semana 1 a 6 fue estadísticamente más alto que el registrado durante las últimas cuatro semanas. No se encontraron diferencias estadísticas entre ninguno de los tres tratamientos en las primeras seis semanas. Tampoco existieron diferencias en el %PG de la semana 7 a la 10.

La tasa instantánea de crecimiento a partir de la semana 6, mostró una marcada tendencia a un valor más alto para el tratamiento de 66.7, sin embargo tales diferencias no alcanzaron a ser significativas (Figura 7).

Al compararse la tasa instantánea de crecimiento de las primeras 6 semanas con respecto a las obtenidas en las últimas 4, se observó que la TIC fue significativamente mayor en las primeras seis semanas en todos los tratamientos (Figura 8).

La TIC al igual que el %PG obtenidos durante las primeras seis semanas del experimento, fueron significativamente superiores a los obtenidos en las últimas cuatro semanas del período experimental (Figura 7).

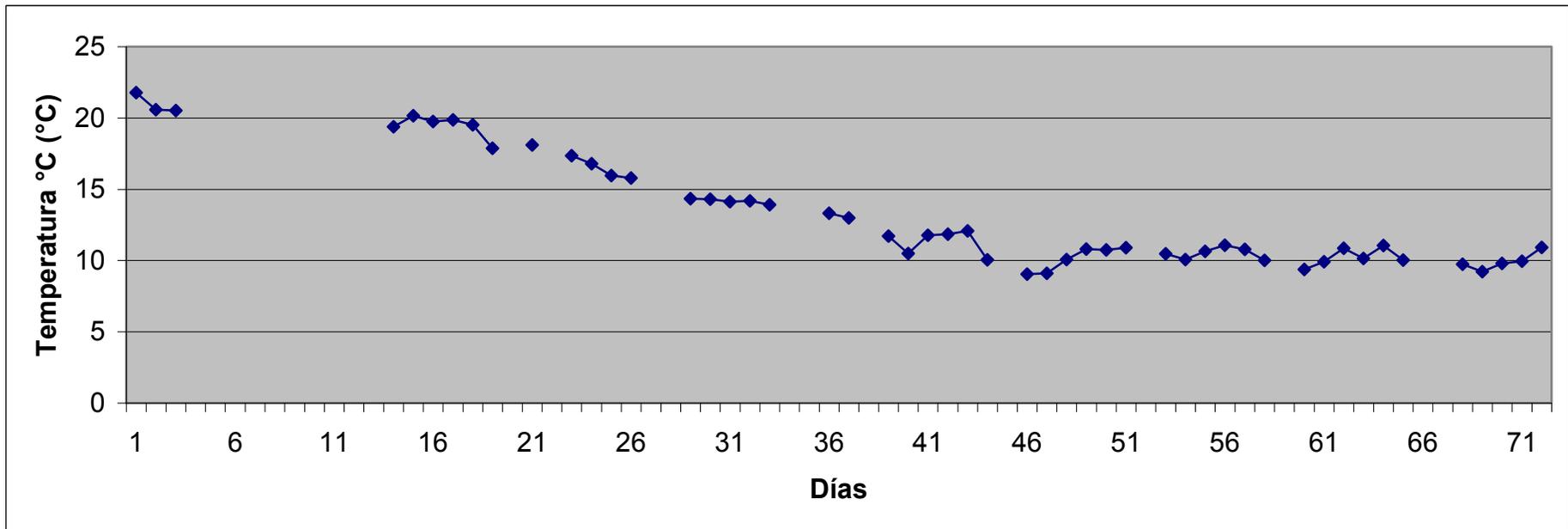


Figura 3. Comportamiento de la temperatura a lo largo del período experimental.

Tabla V. Valores promedio de parámetros de producción de *Litopenaeus vannamei* alimentados con dietas experimentales con diferentes razones proteína/energía en baja temperatura.

Tratamiento Proporción P/E (mgP·kcal ⁻¹)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Peso Ganado (g)	%PG (g)	FCA ^a	TIC ^b (%·día ⁻¹)
66.7	1.50 ± 0.01	4.33 ± 0.17	2.83 ± 0.18	188.6±12.8	2.91 ± 0.3	1.6 ± 0.1
77.8	1.50 ± 0.01	4.09 ± 0.02	2.60 ± 0.03	173.4 ± 2.6	3.2 ± 0.0	1.5 ± 0.01
87.5	1.49 ± 0.01	4.12 ± 0.30	2.63 ± 0.29	176.8±18.4	3.1±0.4	1.5 ± 0.10

^aFactor de conversión alimenticia

^bTasa instantánea de crecimiento

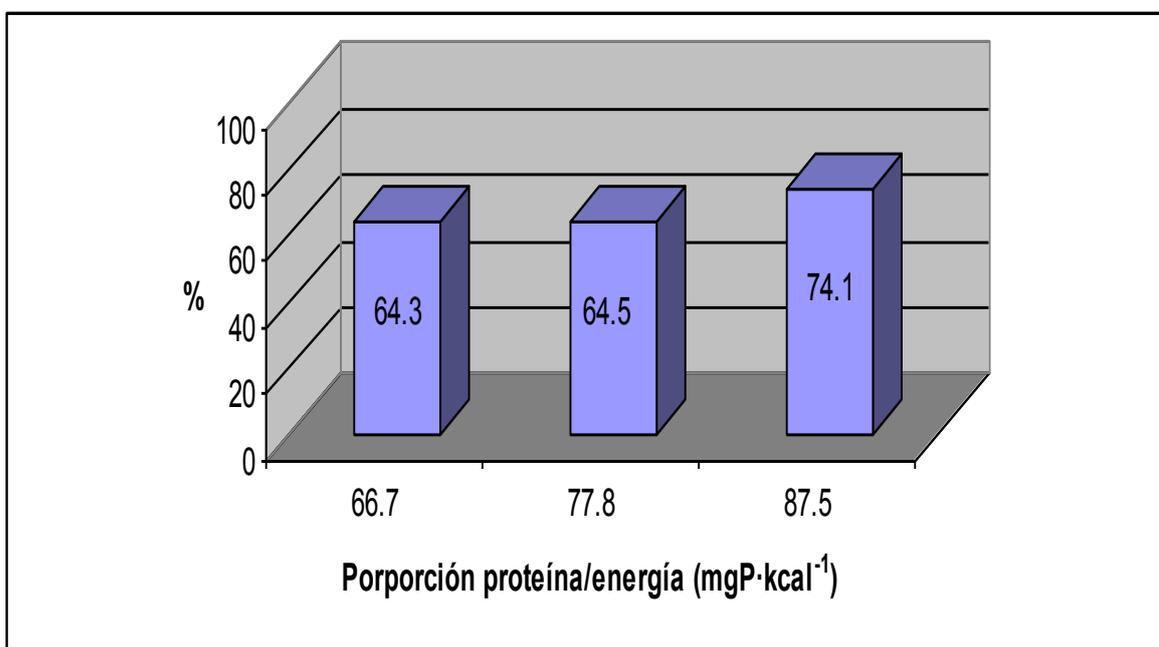


Figura 4. Supervivencia de *Litopenaeus vannamei* alimentados con dietas experimentales con diferentes proporciones proteína/energía en baja temperatura.

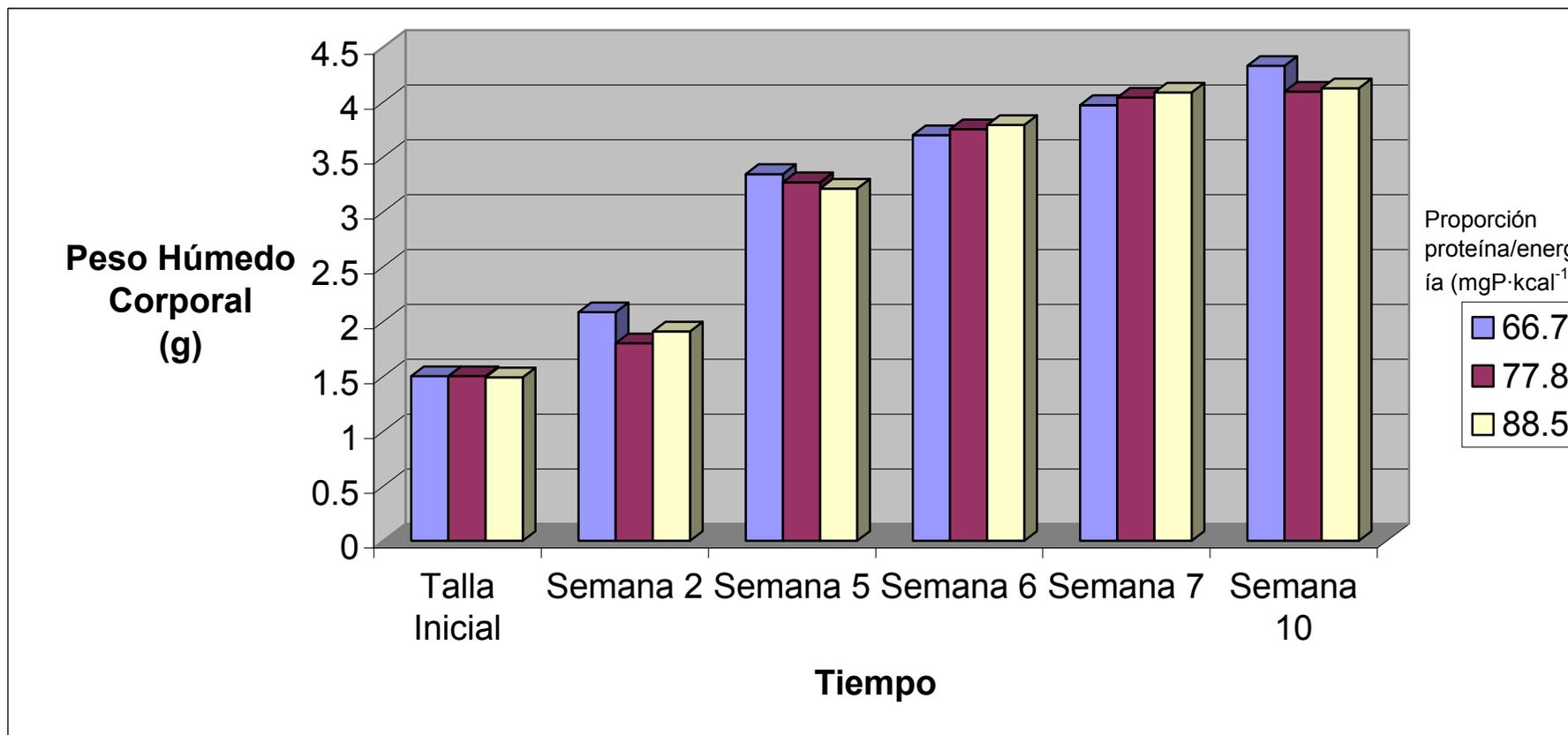


Figura 5. Comportamiento del crecimiento de *Litopenaeus vannamei* alimentados con dietas experimentales con diferentes proporciones proteína/energía en baja temperatura.

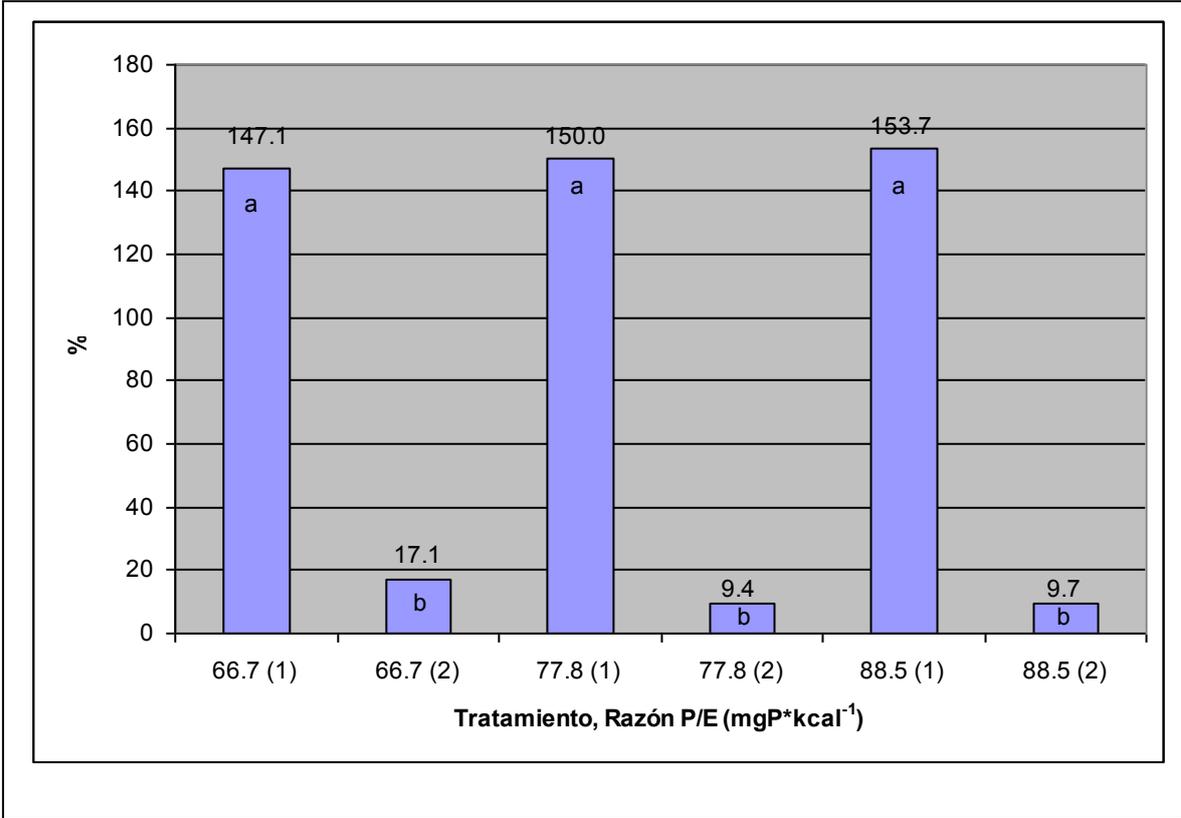


Figura 6. Comparación del porcentaje de crecimiento de *Litopenaeus vannamei* durante las primeras seis semanas y las últimas cuatro.

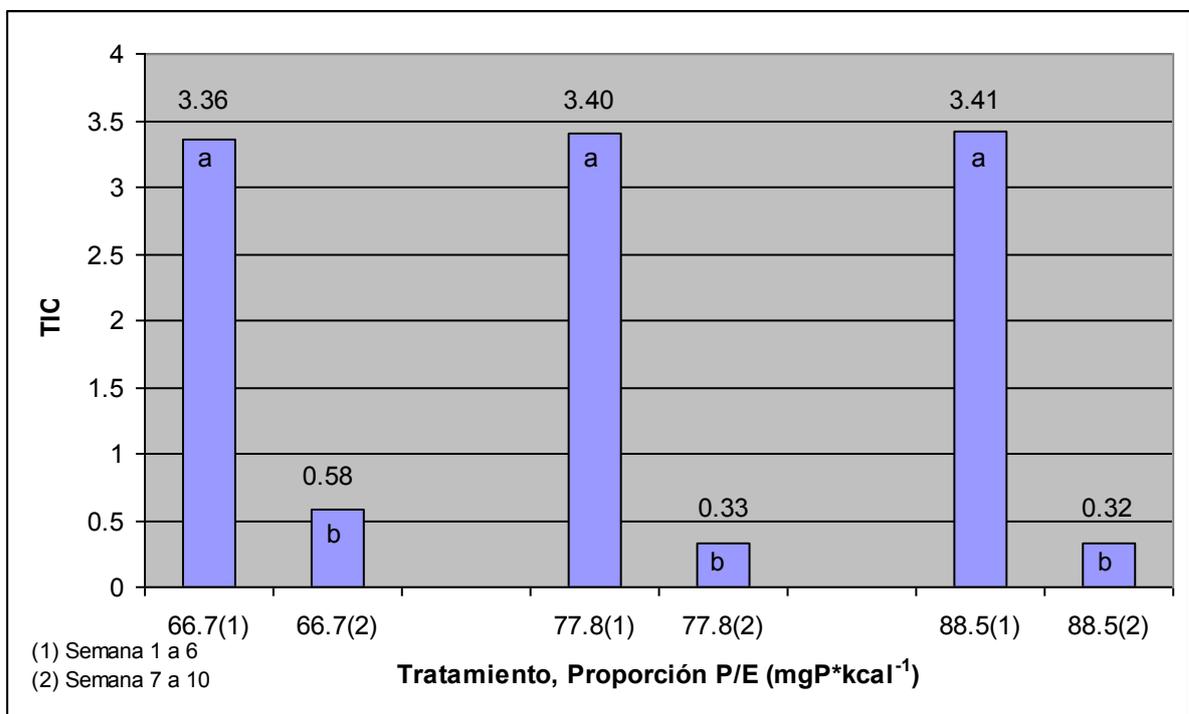


Figura 7. TIC obtenida de las primeras seis semanas de tratamiento comparadas con la obtenida durante las últimas cuatro.

V. DISCUSION

No se observaron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos entre los tratamientos (Temperatura, Salinidad y pH), con excepción del oxígeno disuelto, el cual fue mayor en el tratamiento 87.5. Sin embargo, no es probable que dichas diferencias hayan afectado el desempeño biológico de los organismos, ya que en todos los tratamientos el valor promedio registrado fue superior al nivel óptimo de $6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ reportado por Van Wyk y Scarpa (1999) para *L. vannamei*.

Se considera que la calidad de agua tampoco afectó el desarrollo de los organismos, ya que los niveles de nitrógeno amoniacal, el cual es considerado como el que principalmente afecta al camarón (Rivera-Monroy, 1999), estuvo por debajo del nivel máximo de tolerancia ($0.16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) reportado por Lin y Chen (2001). El nivel de nitritos ($0.01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), por su parte, fue mucho menor a la concentración máxima de tolerancia ($25.7 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) que reportaron Lin y Chen (2003). En cuanto a las concentraciones de nitratos registradas durante el experimento, también estuvieron por debajo del límite máximo de tolerancia considerado por Tsai y Chen, (2002) para *P. monodon* ($232 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

Los parámetros de producción (PG, %PG, FCA, TIC y Supervivencia) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, un aspecto resaltante de los resultados es la baja tasa de crecimiento ($\approx 0.25 \text{ g}\cdot\text{semana}^{-1}$), si se toma en cuenta que en experimentos con estos organismos, pero bajo condiciones adecuadas de temperatura, se han llegado a tener tasas de crecimiento de hasta $2.7 \text{ g}\cdot\text{semana}^{-1}$ (Tacon et al., 2002). Inclusive la tasa de crecimiento obtenida estuvo por debajo de lo reportado en condiciones de baja salinidad ($0.57 \text{ g}\cdot\text{semana}^{-1}$) (Appelbaum et al., 2002).

Es razonable atribuir el pobre desempeño productivo de los organismos a la baja temperatura que se registró a lo largo del experimento (Tabla V). Estudios anteriores han

demostrado que el crecimiento y metabolismo de los camarones peneidos se ve notablemente reducido cuando la temperatura esta por debajo de las condiciones normales de cultivo (Villareal et al, 1994; Panov y Mc Queen, 1998; Kumlu y Eroldogan, 2000; Diaz et al, 2004; Tian et al, 2004), cuyos valores óptimos para *L. vannamei* oscilan entre 25 a 30°C (Martínez-Córdova, 1999). Como lo muestra la Figura 3, la temperatura global disminuyó paulatinamente durante las primeras 6 semanas, momento en el que se alcanzó una temperatura de aproximadamente 10°C, manteniéndose alrededor de este valor por el resto del período experimental. Este comportamiento es reflejado claramente en el crecimiento de los organismos, el cual es mayor precisamente durante las semanas 1 a 6 (0.37 g·semana⁻¹), para después disminuir notoriamente durante las semanas 7 a 10 (0.09 g·semana⁻¹) (Figura 5). Con base en estos dos períodos contrastantes de temperatura del experimento, se analizaron el %PG y TIC de los organismos durante las semanas 1 a 6 y 7 a 10, los cuales se muestran en las Figuras 6 y 7, respectivamente. De este modo y no obstante el notorio efecto negativo de la temperatura sobre el crecimiento, es interesante la tendencia a un mejor desempeño biológico, aunque no significativo ($p \approx 0.11$) del tratamiento 66.7, en comparación con los demás tratamientos, en términos peso final, peso ganado y %PG (Tabla V). De hecho, dicha tendencia es aún más notoria durante el periodo semana 7-10, en el cual el %PG para el tratamiento 66.7 fue 0.82 y 0.76 veces mayor que la de los tratamientos 77.8 y 88.5, respectivamente (Fig 6). Del mismo modo y en términos absolutos, la TIC del tratamiento 66.7 es 0.8 veces mayor que los otros dos tratamientos (77.8 y 88.5) (Fig. 7). Si bien los valores de P en ambos casos ($P = 0.11$. y 0.10 para %PG y TIC, respectivamente) no están por debajo de 0.05, su cercanía a dicho valor si tiene un significado biológico, indicando que durante el período de más baja temperatura del

bioensayo el tratamiento 66.7 resultó en una más favorable respuesta productiva, en comparación con los otros dos tratamientos.

La explicación a este resultado, probablemente radica en el efecto de la disminución de la concentración de proteína del alimento del tratamiento 66.7 (30% vs. 35% para los tratamientos 77.8 y 88.5). Es bien conocido el hecho de que la baja temperatura ocasiona una disminución del metabolismo, tal y como lo demuestra los trabajos de Chen y Lai (1993) y de Jiang *et al.* (2000), quienes observaron que un decremento de la temperatura provoca una disminución de la tasa de excreción de amonio, el cual generalmente es producto directo del catabolismo de proteínas. Esta importante reducción del metabolismo puede visualizarse también como una disminución del requerimiento de proteína en condiciones de baja temperatura. Tomando en cuenta que un exceso de proteína dietética puede provocar el “efecto de depresión del crecimiento” descrito por Millamena *et al.* (1998), es posible que, bajo las condiciones de baja temperatura prevalecientes, el nivel de 35% de proteína de los tratamientos 77.8 y 88.5 haya sido excesivo y que por consiguiente, el tratamiento 66.7 con 30% de proteína haya resultado más favorable.

La falta de diferencias significativas en el desempeño biológico de los organismos de los tratamientos 77.8 y 88.5 descarta un efecto directo del aumento de energía dietética (4,000 kcal·kg⁻¹ y 4,500 kcal·kg⁻¹, respectivamente) a un mismo nivel de proteína (35% para ambos tratamientos). La más baja proporción P/E del tratamiento 66.7, originada tanto por la elevación del nivel energético (4,500 kcal·kg⁻¹) como por la reducción del nivel proteico (30%), pudo haber determinado, en parte, el resultado observado. A este respecto, la importancia de la proporción P/E en la nutrición de camarones peneidos ha sido puesta de manifiesto a través de diversos estudios científicos (Cuzon y Guillaume, 1997). En el

caso de *L. vannamei*, Dokken (1987) y Cousin et al. (1993) coincidieron en un valor óptimo de la proporción P/E de 83.2 mgP·kcal⁻¹ de energía digerible (ED), en tanto que Cruz-Suárez et al. (2000) propusieron un valor óptimo de 67 mgP·kcal⁻¹ ED. Por su parte, Rosas-Vásquez (1996) encontraron valores óptimos de 26-36 mgP·kJ⁻¹ de energía bruta (EB), equivalentes a 108-150 mgP·kcal⁻¹ EB. Cabe resaltar que los valores de P/E del presente estudio también fueron calculados con base en energía bruta (66.7, 77.8 y 88.5 mgP·kcal⁻¹ EB), por lo que, al compararlos con los reportados por Rosas-Vásquez (1996) (108-150 mgP·kcal⁻¹ EB), son notoriamente menores. Por lo anterior, es posible que la proporción óptima de P/E en condiciones de baja temperatura sea menor con respecto a la reportada en temperatura óptima. Sería interesante evaluar este aspecto en futuras investigaciones, en las cuales, por una parte, se someta a los organismos a condiciones de óptima y baja temperatura. Y por otra, que contemple un amplio intervalo de incrementos graduales de P/E. La comparación directa de resultados del presente estudio con los demás valores disponibles en la literatura, expresados en términos de energía digerible (Dokken 1987; Cousin et al., 1993; Cruz-Suárez et al., 2000), no es posible, ya que no se realizaron estudios de digestibilidad, particularmente de proteína y energía. Es deseable también atender este aspecto en futuras investigaciones.

Con respecto a otras especies de camarones peneidos y bajo condiciones óptimas de temperatura, Bautista (1986) y Hajra et al. (1988) reportaron para *P. monodon* valores óptimos de la proporción P/E de 125 y 117 mgP·kcal⁻¹ ED, respectivamente. Alava y Lim (1983) encontraron un valor óptimo de 113 mgP·kcal⁻¹ de energía metabolizable (EM). Chuntapa et al. (1999) estimaron una proporción P/E óptima de 150 mgP·kcal⁻¹ EB. Por su parte, Alava y Pascual (1987) reportaron un valor de 117 mgP·kcal⁻¹, en tanto que Shiau & Peng (1992) encontraron un valor de 125 mgP·kcal⁻¹, no especificando en ninguno de los

casos si se trataba de EB, ED o EM. Para el camarón blanco del Golfo de México, *L. setiferus*, Guzman et al. (2001) reportaron un valor óptimo de 119.8 mgP·kcal⁻¹ EB. Al comparar los valores anteriores con aquellos reportados para *L. vannamei*, es aparentemente claro que el valor óptimo de P/E es menor para esta última especie.

En cierta medida, los resultados observados son congruentes con el planteamiento teórico del presente estudio, en el sentido de la evaluación de la factibilidad de manipulaciones de los niveles de proteína y energía dietéticas que pudieran resultar en una reducción del costo del alimento balanceado en períodos de temperatura ambiental por debajo de niveles óptimos. De hecho, se observó una tendencia de mejor desempeño biológico de los organismos que recibieron una dieta con mayor contenido energético y menor contenido proteico (por consiguiente de menor costo) durante la fase de menor temperatura ambiental (promedio de aproximadamente 10.0°C en la semana 7-10). No obstante, las tasas de crecimiento observadas fueron notoriamente bajas en todos los tratamientos, no siendo atractiva para cultivo comercial la perspectiva de ampliar el ciclo de cultivo hasta alcanzar temperaturas tan bajas como ésta. Desde un enfoque pragmático de estos resultados, pueden existir casos en los que mantener a los organismos en cultivo durante el invierno (en baja temperatura y por tanto con poco crecimiento), para luego recobrar tasas de crecimiento normales conforme la temperatura se eleva hacia la primavera-verano, puede resultar atractivo para un productor e.g., en el caso de mantenimiento de poblaciones de camarones reproductores. Entonces, estos resultados pueden cobrar relevancia, representando un ahorro en el costo del alimento durante el período de cultivo en baja temperatura.

Es importante resaltar los recientes y valiosos resultados aportados por Siccardi et al. (2006) con respecto a la importancia del estudio de la proporción P/E. En un ambicioso

diseño experimental en el que utilizaron una dieta con contenido de proteína de 25 % y energía de 4,198 kcal·kg⁻¹, y otra dieta con 35% proteína y energía de 3,485 kcal·kg⁻¹, las cuales fueron suministradas a 10 tasas constantes que variaron de 0.046-3.141 g de alimento/día/individuo, los autores evaluaron los requerimientos de proteína y energía digerible de *L. vannamei*, estimando, en cada caso, coeficientes de digestibilidad y tasas de consumo de proteína y energía, composición corporal (proteína, energía y otros) y crecimiento semanal. Al final del estudio se observó una mayor tasa de crecimiento para los organismos que recibieron la dieta con 35% proteína (1.19 g·semana⁻¹) en comparación con aquellos que recibieron la de 25% (1.08 g·semana⁻¹), pero el crecimiento máximo para ambas dietas ocurrió con una misma tasa de consumo de alimento (0.31-0.32 g/día/individuo). Estos resultados confirman que *L. vannamei* consume alimento para satisfacer su requerimiento energético, lo cual constituye el fundamento teórico de los estudios de la proporción P/E. Ello implica que, por ejemplo, el consumo de una dieta con un contenido excesivo de energía restringiría el consumo de proteína, en tanto que una dieta con contenido energético demasiado bajo resultaría en la utilización de proteína como fuente de energía, lo cual pone de manifiesto la importancia de una proporción P/E óptima para cada especie. Los resultados del presente estudio no permiten confirmar si bajo condiciones de baja temperatura *L. vannamei* también consume alimento hasta satisfacer un requerimiento energético, ya que no se evaluaron aspectos tales como digestibilidad y cuantificación de alimento consumido, entre otros. Sin embargo, es de gran interés abordar este tema en futuras investigaciones.

VI. CONCLUSIONES

- La temperatura ambiental descendió de alrededor de 23°C al inicio del experimento, a aproximadamente 10°C al final. Este descenso progresivo de la temperatura disminuyó la tasa de crecimiento de los organismos en todos los tratamientos experimentales.
- Los parámetros fisicoquímicos (oxígeno disuelto, salinidad, pH) y la calidad de agua (Nitrógeno Amoniacal, Nitritos, Nitratos, Fosfatos) no tuvieron un efecto significativo sobre el crecimiento de los organismos.
- La proporción de Proteína/Energía no tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento y supervivencia de los organismos. Sin embargo, se observó una tendencia de mejor crecimiento de los organismos que recibieron la dieta con menor proporción Proteína/Energía (66.7 mgP·kcal⁻¹), en comparación con los otros tratamientos (77.8 y 88.5 mgP·kcal⁻¹), durante las últimas cuatro semanas del experimento, cuando se registraron las menores temperaturas.
- El contenido energético no ejerció un efecto significativo sobre el crecimiento y supervivencia de *L. vannamei*.
- Se observaron bajas tasas de crecimiento de los organismos en todos los tratamientos, en comparación con el crecimiento obtenido durante el período de temperatura óptima.

- Las tasas de crecimiento obtenidas en el experimentos son notoriamente menores a las reportadas en la literatura, debido a que tales experimentos se llevaron a cabo bajo condiciones óptimas.

VII. RECOMENDACIONES

- Con el fin de obtener mayor información acerca del requerimiento óptimo de la proporción de Proteína/Energía de *L. vannamei* en baja temperatura, además de poder compararla con el resto de la literatura sobre este tema, en futuras investigaciones debe tener especial cuidado en incluir los siguientes aspectos:
 - Condiciones controladas de temperatura, que contemplen valores bajos y también óptimos.
 - Estudiar un amplio intervalo de incrementos graduales de la proporción Proteína/Energía, acompañado también con un amplio intervalo de niveles de proteína para cada nivel de P/E.
 - Evaluar la digestibilidad de la proteína y la energía.

VIII. LITERATURA CITADA

- Agridata, 1993. Agri-Data Sytems, Phoenix, Arizona, USA.
- Alava, V.R. y Pascual, F.P. 1987. Carbohydrate requirement of *P. monodon* (*Fabricius*) Juveniles. *Aquaculture*. 61:211-217.
- Akiyama, D., Dominy, W. y Lawrence, A. 1993. Nutrición de camarones pendidos para la industria de alimentos comerciales. *Memorias del Priemr Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura*: 43-79.
- Andrews, J.W., Sick, L.V. y Baptist, G.J. 1972. The influence of dietary protein and energy levels on growth and survival of penaeid shrimp. *Aquaculture*, 1: 341-347.
- Appelbaum, S., Garada, J. y Mishra, J.K. 2002. Growth and survival of the white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared intensively in teh brackish water of the Israeli Negev desert. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 54(1): 41-48.
- Aranyakananda, P. 1993. Dietary protein and energy requirements of *Penaeus vannamei* and the optimal protein to energy ratio. Ph.D. Dissertation, Texas A&M University, College Station, Texas, USA.
- Association of Oficial Analytical Chemists. 1999. Official Methods of Analysis of AOAC International. USA. 16TH Edition. 5th Revision. Vol II.
- Bautista, M. 1986. The response of *Penaeus monodon* juveniles to varying protein/energy ration in test diets. *Aquaculture*. 53:229-242.
- Campaña-Torres, A., Martínez-Córdova, L.R., Villarreal-Colmenares, H. y Civera-Cercedo, R. 2005. In vivo dry matter and protein digestibility of three plant-derived and four animal-derived feedstuffs and diets for juvenile Australian redclaw, *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*. 250:748-754.

- Chen, J.C., Lai, S.H., 1993. Effects of temperature and salinity on oxygen consumption and ammonia-N excretion of juvenile *Penaeus japonicus* Bate. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 165: 161–170.
- Chuntapa, B., Piyatiratitivorakul, S., Nitithamyong, C., Viyakarn, V. y Menasveta, P. 1999. Optimal lipid: carbohydrate and protein:energy ratios in semi-purified diets for juvenile black tiger shrimp *Penaeus monodon* Fabricius. Aquaculture Research. 30(11-12):825-830.
- Colvin, L.B. y Brand, C.W. 1977. The protein requirement of penaeid shrimp at various life cycle stages in controlled environment systems. J. World Maricult. Soc. 8: 821-840.
- Cousin, M., Cuzon, G., Blanchet, E., Ruelle, F. y AQUACOP. 1993. Protein requirements following an optimum dietary energy to protein ratio for *Penaeus vannamei* juveniles. In: Fish Nutrition in Practice, Kaushik, S.J. y Luquet, P eds). Pp 599-606. INRA, Paris, France.
- Cruz-Suárez, L.E., Antimo-Pérez, J.S., Luna-Mendoza, N., Tapia-Salazar, M., Guajardo-Barbosa, C. y Ricque-Marie, D. 2000. Relaciones proteína/energía y proteína vegetal/animal optimas en alimentos de engorda para *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*. In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cercedo, R. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 de Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.
- Cuzon, G. y Guillaume, J. 1997. Energy and protein: energy ratio. En: D'Abramo, L.R., Conklin, L.R. y Akiyama, D.M. (eds.). Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture. 6:51-70.

- D'Abramo, L.R. y Sheen, S.S. 1993. Polyunsaturated fatty acid nutrition in juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 115: 63-86.
- Dall, W. 1995. Carotenoids versus retinoids (Vitamin A) as essential growth factors in penaeid prawns (*Penaeus semisulcatus*). *Marine Biology*. 124:209-213.
- Davis, D.A., Lawrence, A.L., 1997. Minerals. En: *Crustacean Nutrition Advances in World Aquaculture* (D'abramo, L.R., Conklin, D.E. y Akiyama, D.M., eds), Vol. 6, pp 150-159. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA.
- Dersjant-Li, Y. 2002. The use of soy protein in aquafeeds. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, G.M., Simoes, N. (Eds). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Diario Oficial de la Federación, 2004. Carta Nacional Pesquera 2004. 15 de marzo de 2004.
- Diaz, F., Re, A.D., Sierra, E. y Diaz-Iglesias, E. 2004. Effects of temperature and salinity fluctuation on the oxygen consumption, ammonium excretion and osmoregulation of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson). *Journal of Shellfish Research*. 23 (3): 903-910.
- Dokken, Q.R. 1987. Effects of varying macronutrients and energy ratio on growth and survival of *P. vannamei* and *P. setiferus*. Texas A&M University, College Station, Texas, USA. Unpublished.
- FAO. 1995. Estadísticas de la producción de acuicultura 1984-1993. *FAO fisheries circular/FAO No. 815 Rev. 7*. Roma, FAO. 1995. 186p.
- FAO. 2003. *The state of world aquaculture and fisheries 2004*. FAO, Roma, Italia. 153p.

- Fenucci, J.L., Lawrence, A.L. and Zein-Eldin, Z.P. 1981. The effects of fatty acid and shrimp meal composition of prepared diets on growth of juvenile shrimp, *Penaeus stylirostris*. Journal of the World Mariculture Society. 12:315-324.
- Guzman, C., Gaxiola, G., Rosa, C. y Torre-Blanco, A. 2001. The effect of dietary protein and total energy content on digestive enzyme activities, growth and survival of *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus 1767) postlarvae. Aquaculture Nutrition. 7:113-122.
- Hajra, A., Ghosh, A. y Mandal, S.K. 1988. Biochemical studies on the determination of optimum dietary protein to energy ratio for tiger prawn, *Penaeus monodon* (Fab.), juveniles. Aquaculture. 71:71-79.
- Hu, A.S. 1958. Glucose metabolism in the crab, *Hemigrapsus mudus*. Archs. Biochem. Biophys. 75:387-395.
- Jiang, D. ., Lawrence, A.L. ., Neill, W.H. y Gong, H. 2000. Effects of temperature and salinity on nitrogenous excretion by *Litopenaeus vannamei* juveniles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 253: 193–209
- Kumlu, M. y Eroldogan, T. 2000. Effects of temperature and substrate on growth and survival of *Penaeus semisulcatus* (Decapoda: Penaeidae) postlarvae. Turk J. Zool. 24:337-341.
- Lawrence, A.L., More, W. y Griffin, W. 1983. Shrimp mariculture: The state of the Art. Texas A&M, Sea Grant Program, 12pp.
- Le Moullac, G., Klein, B., Sellos, . y Van Wormhoudt, A. 1996. Adaptation of trypsin, chymotrypsin and α -amylase to casein level and protein source in *Penaeus vannamei* (Crustacea, Decapoda). Jour. Exp. Mar. Biol. Ecol., 208:107-125.

- Lehninger, A.L. 1995. Bioquímica. Segunda Edición. Ediciones Omega S.A. de C.V. Barcelona, España. 1117 pp.
- Lin, Y.C., Chen, J.C. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 259 (1): 109-119.
- Lin, Y.C. y Chen, J.C. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* 224 (1-4): 193-201.
- Martínez-Córdova, L.R. 1999. Cultivo de Camarones Peneidos. Ed. AGT. México. 189 p.
- Martínez-Córdova, L.R. 2002. Camaronicultura, Avances y Tendencias. Ed. AGT. México. 167 p.
- Martínez-Córdova, L.R., Campaña-Torres, A. y Porchas-Cornejo, M. A. 2003. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Litopenaeus stylirostris*) and white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition* 9: 155-160.
- Millamena, O.M., Bautista-Teruel, M.N., Reyes, O.S., Kanazawa, A., 1998. Requirements of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius for lysine and arginine. *Aquaculture* 164, 95–104.
- Panov, V.E. y McQueen, D.J. 1998. Effects of temperature on individual growth rate and body size of a freshwater amphipod. *Can. J. Zool.* 76(6): 1107–1116.
- Rivera-Monroy, V.H., Torres, L.A., Bacón, N., Newmark, F. y Twilley, R.R. 1999. The potential use of mangrove forests and nitrogen sinks of shrimp aquaculture pond effluents: The role of denitrification. *Journal of the World Aquaculture Society.* 30:12-25.

- Re, A.D., Diaz, F., Sierra, E. y Gomez-Jimenez, S. 2004. Oxygen consumption, ammonium and osmoregulatory capacity of *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson) exposed to different combinations of temperature and salinity. *Ciencias Marinas* 30(3):433-453.
- Rodríguez, R. 1999. Requerimientos energéticos de peces y crustáceos. En: Avances de Nutrición Acuícola I: Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. 12-14 de Febrero de 1993. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. (edit) Cruz, E., Ricque, D., Mendoza, R.: 81-89.
- Rosas, C., Cuzon, G., Gaxiola, G., Le Priol, Y., Pascual, C., Rossigniol, J., Contreras, F., Sanchez, A., Van Wormhoudt, A., 2001. Metabolism and growth of juveniles of *Litopenaeus vannamei*: effect of salinity and dietary carbohydrate levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 259 (1): 1-22.
- Rosas-Vásquez, C. 1996. Bioenergética de camarones peneidos: una forma de comprender los mecanismos fisiológicos involucrados en la nutrición. En: Cruz-Suarez, E., Ricque-Marie, D. y Mendoza-Alfaro, R. 1996. Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 11 al 13 de noviembre, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.
- Salame, M. 1993. Feeding trays in penaeid shrimp ponds. *Aquaculture Magazine*. 19(4): 59-63.
- Schmitt, A.S.C. y Santos, E. 1999. Haemolymph nitrogenous constituents and nitrogen efflux rates of juvenile shrimp, *Penaeus paulensis* (Pérez-Farfante) exposed to ambient ammonia-N. *Aquaculture Research*. 30:1-11.

- Shiau, S.Y. y Peng, S.Y. 1992. Utilization of different carbohydrates at different dietary protein levels in grass prawn, *Penaeus monodon*, reared in seawater. *Aquaculture* 101, 251-250.
- Shiau, S. and Hsu, T. 1994. Vitamin c requirement of grass shrimp, *Penaeus monodon*, as determined with l-ascorbyl-2-monophosphate. *Aquaculture* 122:347-357.
- Siccardi, A.J. 2006. Daily digestible protein and energy requirements for growth and maintenance of sub-adult Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Intercollegiate faculty of nutrition fall seminar series 2006.
- Smith, L.L., Lee, P.G., Lawrence, A.L. y Strawn, K. 1984. Growth and digestibility of three sizes of *Penaeus vannamei* Boone: effects of dietary protein level and protein source. *Aquaculture*. 46:85-96..
- Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D. Divakaran, S., Forester, I.P. y Decamp O.E.. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*. 8(2):121.
- Tian, X.L., Dong, S.L., Wang, F. y Wu, L.X. 2004. The effects of temperature changes on the oxygen consumption of juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* Osbeck. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 310 (1):59-72.
- Tsai, S.J., Chen, J.C. 2002. Acute toxicity of *Penaeus monodon* juveniles of different salinity levels. *Aquaculture*. 213. 163-170.
- Van Wyk, P. y Scarpa, J. 1999. Water quality requirements and management. In: Van Wyk, P., Davis-Hodgkins, M., Laramore, R., Main, K.L., Mountain, J. and Scarpa, J. 1999. *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. 220 pp.

Velasco, M, Lawrence, AL, Castille, FL, Obaldo, LG. 2000. Dietary protein requirement for *Litopenaeus vannamei*. En: Cruz-Suarez, L.E., Rique-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A., Civera-Cercedo, M., (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.

Villarreal, H., Hinojosa, P. y Naranjo, J. 1994. Effect of temperature on the oxygen-consumption of laboratory produced *Penaeus-vannamei* postlarvae. Comparative Biochemistry and Physiology A-Physiology. 108 (2-3):331-336.