

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**“Determinación de la Relación Óptima de Proteína/Energía, Utilizando dos Proporciones de Proteína Vegetal/Animal para el Crecimiento de *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931)”.**

**TESIS**

Que en Opción al Título de

**Maestro en Ciencias**

Con Especialidad En

**Recursos Alimenticios y Producción Acuícola**

**PRESENTA**

***Biol. Norma Elida Luna Mendoza***

**MONTERREY, N.L.**

**DICIEMBRE DE 2000**

TM  
Z5  
FC  
20  
.L

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**“Determinación de la Relación Óptima de Proteína/Energía, Utilizando dos Proporciones de Proteína Vegetal/Animal para el Crecimiento de *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931)”.**

**TESIS**

Que en Opción al Título de

**Maestro en Ciencias**

Con Especialidad En

**Recursos Alimenticios y Producción Acuícola**

**PRESENTA**

***Biol. Norma Elida Luna Mendoza***

**MONTERREY, N.L.**

**DICIEMBRE DE 2000**

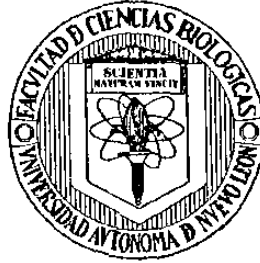


Rep Oct 12  
04



1020124052

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



**“Determinación de la Relación Óptima de Proteína/Energía, Utilizando dos Proporciones de Proteína Vegetal/Animal para el Crecimiento de *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931)”.**

TESIS

Que en Opción al Título de  
**Maestro en Ciencias**

Con  
Especialidad en  
**Recursos Alimenticios y Producción Acuícola**

PRESENTA

*Biol. Norma Elida Luna Mendoza*

COMISION DE TESIS

Dr. Denis Ricque Marie  
Presidente-Director

Dra. Lucía Elizabeth Cruz Suárez  
Secretario-Codirector

M.C. Antonio Leija Tristán  
Vocal

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE DEL 2000

980717

TM  
Z5320  
F06  
2000  
.h8



FONDO  
TESIS

La presente Tesis fue realizada por: Biol. Norma Elida Luna Mendoza siendo el Becario CONACYT No. \_\_\_\_\_ del Programa de Maestría en Ciencias con Especialidad en Recursos Alimenticios y Producción Acuícola incluida en el Padrón de Excelencia de programas de Postgrado a Nivel Nacional.

# INDICE

	Pág.
INDICE.	i
INDICE DE TABLAS.	iii
INDICE DE GRÁFICAS.	iii
INDICE DE FIGURAS.	iii
INTRODUCCION.	1
ANTECEDENTES.	3
<i>Relación Proteína /Energía en Litopenaeus vannamei.</i>	5
<i>Estudios de relación Proteína Vegetal/Animal.</i>	7
<i>Relación Proteína/ Energía.</i>	8
<i>Estudios de Digestibilidad.</i>	11
<i>Parámetros Físico-químicos.</i>	13
<i>Lixiviación (Pérdida de Materia Seca).</i>	13
OBJETIVOS.	14
<i>General.</i>	14
<i>Particulares</i>	14
HIPÓTESIS.	15
MATERIAL Y MÉTODOS.	16
<i>Formulación y Preparación de las Dietas.</i>	17
<i>Formulación de la Dieta.</i>	17
<i>Preparación de la Dieta</i>	19
<i>Análisis de las Dietas.</i>	20
<i>Análisis Bromatológico.</i>	20
<i>Análisis de Lixiviación.</i>	20
<i>Descripción de la Sala de Bioensayos.</i>	20
<i>Parámetros Físico-químicos del Agua..</i>	21
<i>Origen de los Organismos.</i>	21
<i>Desarrollo Experimental de la Evaluación Biológica del Camarón Litopenaeus vannamei</i>	22
<i>Bioensayo de Crecimiento.</i>	22
<i>Bioensayo de Digestibilidad.</i>	23
<i>Parámetros de la Evaluación Biológica.</i>	24
<i>Peso Ganado (PG).</i>	24
<i>Tasa de Crecimiento (TC).</i>	24
<i>Tasa de Conversión Alimenticia (TCA).</i>	24
<i>Alimento Consumido (AC).</i>	24
<i>Relación de Eficiencia Proteica (REP).</i>	24
<i>Supervivencia (S).</i>	24
<i>Digestibilidad Aparente de Materia Seca (DAMS.).</i>	25
<i>Digestibilidad Aparente Proteica (DAMSD).</i>	25
<i>Análisis Estadístico.</i>	25
RESULTADOS.	26
<i>Análisis Bromatológico de las Dietas.</i>	26
<i>Lixiviación de las Dietas.</i>	27
<i>Parámetros Físicoquímicos.</i>	27
<i>Resultados Zootécnicos en Litopenaeus vannamei.</i>	28
<i>Peso Ganado (PG).</i>	30
<i>Tasa de Crecimiento (TC).</i>	30
<i>Consumo de Alimento en Base Seca (CA).</i>	31
<i>Tasa de Conversión Alimenticia en Base Seca (TCA).</i>	32
<i>Relación de Eficiencia Proteica (REP).</i>	33
<i>Supervivencia (S).</i>	34
<i>Digestibilidad Aparente Proteica de las Dietas (DAPD).</i>	35
<i>Digestibilidad Aparente de Materia Seca de las Dietas (DAMSD)</i>	36



	Pág.
DISCUSIONES.	37
<i>Estudios de Nivel Óptimo de Proteína.</i>	37
<i>Relación Proteína/Energía.</i>	37
<i>Digestibilidad Aparente de las Dietas.</i>	37
<i>Composición de las Dietas.</i>	38
<i>Análisis Bromatológico de las Dietas.</i>	38
<i>Lixiviación o DMS de las Dietas.</i>	38
<i>Parámetros Físico-químicos.</i>	39
<i>Evaluación Biológica del Bioensayo.</i>	39
<i>Peso Ganado.</i>	39
<i>Tasa de Crecimiento.</i>	39
<i>Consumo de Alimento.</i>	40
<i>Tasa de Conversión Alimenticia.</i>	40
<i>Relación de Eficiencia Proteica.</i>	40
<i>Digestibilidad Aparente Proteica de las Dietas.</i>	41
<i>Digestibilidad Aparente de Materia Seca de las Dietas.</i>	41
<i>Supervivencia.</i>	41
CONCLUSIONES.	42
LITERATURA CITADA.	

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Diseño experimental bifactorial del bioensayo con <i>Litopenaeus vannamei</i> .	16
Tabla 2. Análisis bromatológico de los ingredientes que proporcionan la mayor cantidad de proteína.	17
Tabla 3. Composición de dietas formuladas con el software computacional MIXIT+2.	18
Tabla 4. Análisis bromatológico de las dietas determinado en el laboratorio de Maricultura.	26
Tabla 5. Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales.	26
Tabla 6. Porcentaje de pérdida de materia seca o lixiviación de las dietas experimentales.	27
Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos del agua.	27
Tabla 8. Análisis bifactorial de los parámetros zootécnicos.	28
Tabla 9. ANOVA de los resultados de los parámetros zootécnicos.	29

## INDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Temperatura y salinidad del agua marina (sintética) de la sala de bioensayos.	27
Gráfica 2. Peso ganado (PG) en <i>Litopenaeus vannamei</i> durante el bioensayo.	30
Gráfica 3. Consumo de alimento en base seca (CA) en <i>Litopenaeus vannamei</i> durante el bioensayo..	31
Gráfica 4. Tasa de conversión alimenticia en base seca (TCA) en <i>Litopenaeus vannamei</i> durante el bioensayo	32
Gráfica 5. Relación de eficiencia proteica (REP) en <i>Litopenaeus vannamei</i> .	33
Gráfica 6. Supervivencia (S) en <i>Litopenaeus vannamei</i> durante el bioensayo.	34
Gráfica 7. Digestibilidad proteica de las dietas (DAPD) en <i>Litopenaeus vannamei</i> .	35
Gráfica 8. Digestibilidad aparente de materia seca de las dietas (DAMSD) en <i>Litopenaeus vannamei</i> .	36

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista general de la sala de bioensayos del Programa Maricultura.	21

## INTRODUCCION

A nivel mundial los camarones peneidos se han convertido en un grupo de organismos de amplio interés para la acuicultura, ya que gradualmente su cultivo se ha convertido en una actividad generadora de empleos y divisas (Flores, 1994). El cultivo controlado de este crustáceo remonta a la década de los 30's en Japón, pero su desarrollo pleno se obtuvo a finales de los 50's (Orbes y Arias, 1987).

La validación comercial de tecnologías de cultivo, permite hoy contar con camarón de talla, calidad y cantidad predeterminadas en el momento oportuno para un mercado en expansión (Flores, 1994).

La producción de camarón en México ha figurado como el recurso pesquero de mayor aporte económico para nuestro país. En los últimos años, la camaronicultura, ha sido la biotécnica con mayor crecimiento en el ámbito mundial (FAO, 1995). En el país es reciente, se inició en la década de los 70's en la Universidad de Sonora, adaptando la tecnología japonesa a las condiciones ambientales del país. Las especies con que se inicio el cultivo fueron *Farfantepenaeus californiensis* y *Litopenaeus stylirostris*. En los ochenta se fue desarrollando como una alternativa para recuperar el mercado internacional, ya que México perdía su posición, al ser desplazado por el camarón de acuicultura producido en el Ecuador (Orbes y Arias, 1987; Chamberlain, 1996).

De las especies naturalmente distribuidas en México, el camarón blanco es la que por sus atributos biológicos se ha convertido en la de mayor preferencia en nuestro país (Flores, 1994).

La nutrición de los peneidos, es un aspecto muy importante, ya que representa hasta el 60% del costo total de la producción (Rodríguez, 1996). El alimento es considerado como uno de los costos operacionales mas elevados para la mayoría de las empresas acuícolas. Por lo tanto la formulación de alimentos prácticos que promuevan satisfactoriamente el crecimiento, contribuirá indudablemente al desarrollo de una industria económicamente estable y exitosa (D'Abramo, 1996).

Los alimentos para acuicultura se están formulando para obtener un crecimiento más rápido, una mejor tasa de conversión alimenticia, una menor contaminación, una resistencia aumentada a las enfermedades y un menor costo. En la formulación de dietas para camarones peneidos una fracción de las proteínas del alimento procede de las harinas de pescado, ya que su contenido de aminoácidos esenciales asegura una óptima utilización nutritiva y tasa elevadas de crecimiento. Pero últimamente una meta para especies de acuicultura ha sido reemplazar la proteína marina (animal), que resulta más onerosa, por la proteína vegetal que es menos cara (Chamberlain, 1996; Rodríguez, 1996).

El éxito de un cultivo depende de entre otros del aporte de alimentos que contengan niveles adecuados de proteína/energía y un balance apropiado de nutrientes, que promuevan un crecimiento más rápido en el animal así como un buen estado de salud (Cho, 1993). Los crustáceos se alimentan para satisfacer sus necesidades energéticas y la cantidad de proteína dietaria debe estar balanceada con la cantidad de energía adecuada para alcanzar una ingestión proteica óptima y una buena tasa de conversión alimenticia (D'Abramo, 1996). Se han realizado muchos estudios para definir los niveles óptimos de proteína, carbohidratos y lípidos dietarios con experimentos de un solo factor, sin embargo, estos 3 componentes dietarios tienen una gran interacción. La utilización de un componente dietario como fuente de energía depende de su nivel dietario, la capacidad del animal de catabolizar ese sustrato, y de la disponibilidad de otras fuentes de energía dietarias (Capuzzo, 1982). Los niveles requeridos de proteína pueden verse influenciados igualmente por la cantidad de energía dietaria y la forma en que esta es suplementada, por ejemplo como proteínas, lípidos o almidones. Si la relación de proteína/energía es demasiado elevada, el consumo, y por consecuencia el nivel de proteína ingerida con respecto al peso del cuerpo se va ver reducido (Cho, 1993).

Económicamente, es más rentable proveer la mayor proporción de energía requerida por el animal en forma de lípidos y carbohidratos, porque son más baratos que la proteína. El uso de estos compuestos no-proteicos puede permitir un ahorro de proteína, pero este uso debe ser adecuado. Un exceso de proteína resulta en un desperdicio económico y en un alimento contaminante, por el contrario el uso en exceso de compuestos no - proteicos puede provocar una disminución en el consumo del alimento, con un consumo insuficiente de proteína reduciendo el crecimiento. Esto, debido a que los camarones comen para satisfacer sus requerimientos energéticos (Sedgwick, 1979). Considerando lo anterior, el uso de un balance proteína/energía adecuado es esencial para formular un alimento eficiente.

La calidad del alimento es afectada por la calidad de los ingredientes, las estrategias nutricionales y la tecnología del procesado; repercutiendo en la calidad de la proteína y en la digestibilidad (Subramanyam, 1996). Por lo que tenemos que la proteína de ingredientes de origen animal (marinos) es de mejor calidad (perfil de aminoácidos) que las proteínas de ingredientes de origen vegetal (Cho, 1993). Aunque las proteínas de origen vegetal son mucho mas baratas que las de origen animal, por lo que deben ser usadas, en el alimento para especies de producción acuícola (Akiyama, 1992; Lovell y Smitherman, 1993). La soya es una de las alternativas más promisorias como fuente de proteína para las especies acuáticas, debido a su alta disponibilidad en el mercado, a un costo mucho mas accesible que las fuentes tradicionales de proteína y con un excelente perfil de aminoácidos (Treviño, 1994).

Con el presente estudio se pretende contribuir al conocimiento del nivel óptimo de la relación de proteína/energía y la relación de proteína de origen vegetal/animal para el camarón blanco, *Litopenaeus vannamei*, utilizando ingredientes comerciales convencionales de buena calidad. Esto con el fin de aumentar la eficiencia alimenticia; disminuir el efecto contaminante y el costo del alimento.

## ANTECEDENTES

### Estudios de Nivel Optimo de Proteína.

La proteína es el nutriente más fácilmente utilizado por los organismos acuáticos tanto para el crecimiento como para su requerimiento energético, y es el que mas encarece el alimento a escala comercial, debiéndose optimizar su inclusión (Smith *et al.*, 1985). Las proteínas nutricionalmente hablando, son muy importantes e indispensables ya que los camarones, en contraste con los organismos terrestres, son capaces de derivar más fácilmente energía metabolizable del catabolismo proteico que del metabolismo de carbohidratos (Cruz Suárez, 1988). Para camarones peneidos se ha reportado un amplio rango de niveles óptimos de proteína, calidad de las fuentes empleadas, nivel de energía, tasa de alimentación y condiciones ambientales, entre otros (Lim y Persym, 1989). Algunos estudios tratan de definir los niveles óptimos de proteínas, carbohidratos y lípidos; sin embargo los tres componentes interactúan y su utilización es afectada por los niveles de inclusión, la habilidad del animal para catabolizarlos y la disponibilidad de estas fuentes de energía (Capuzzo, 1982).

El área de mayor investigación en la nutrición de camarón han sido las proteínas. En las postlarvas de camarón se requieren altos niveles de proteína en contraste con los camarones adultos. En distintas especies y de camarones los niveles de proteína recomendados varían de un 30 a 75%. Akiyama *et al.* (1993) recomiendan la siguiente composición nutricional para la formulación de alimentos en postlarvas y pequeños juveniles; proteína de 40 a 45%, lípidos de 6.2 a 8.0% (no debe exceder el 10% porque causa disminución en el crecimiento e incrementa la mortalidad), fibra de 3.0 a 4.0% y por último la ceniza de 15.0 a 18.0%. Si se excede en fibra se incrementa la producción fecal y por ende la contaminación del agua del medio, además que no permiten la aglutinación de las dietas ya que difícilmente se muelen y estos filamentos actúan como conductores de agua que entra al pellet creando fracturas y disminuyendo la estabilidad provocando la lixiviación; De igual forma, Tacon (1989) recomienda para camarones de 0 a 3.0 g: 40% de proteína, 7.2% de lípidos, 3.0% de fibra y 15.0% de ceniza.

Velasco *et al.* (1996) evaluaron alimentos con cuatro niveles de proteína dietaria 10, 18, 25 y 33% respectivamente y tres niveles de aceite de pescado 0.0, 4.1 y 8.2% respectivamente (3.5 a 4.5 Kcal/g de energía bruta), en postlarvas de *Litopenaeus vannamei* (1.2 mg), encontrando que el crecimiento de las postlarvas no fue significativamente diferente para las dietas con 18% de proteína y las dietas con niveles de proteína mas altos, independientemente del nivel de lípidos. Mencionando además que el contenido de proteína del alimento debe ser mínimo por dos razones: 1) para evitar el uso de la proteína como fuente de energía y asimismo reducir la cantidad de nitrógeno liberado al agua en forma de amonio, y 2) para reducir el costo de alimento.

Molina-Poveda (1998) realizó un estudio para evaluar la disminución del contenido de proteína en formulaciones para camarón, en juveniles de *Litopenaeus vannamei* con un peso promedio de 1.02 g. El experimento duro 28 días, en tanques circulares de 500 litros con un recambio de agua de 300% diario, distribuyéndose 30 camarones por tanque, con tres replicados. Elaboró cinco dietas experimentales, variándose las fuentes de proteína, carbohidratos y lípidos; donde la relación de proteína vegetal/animal fue de 1.5:1. La fuente de proteína vegetal fue la harina de soya y las de proteína animal fueron las harinas: de pescado, krill y artemia. Los alimentos experimentales fueron cuatro con una inclusión de proteína constante del 20% (59 mg proteína/Kcal) y con carbohidratos que variaban del 30 al 45% con incrementos del 5% (isoenergéticas) y un quinto alimento que contenía 40% de proteína (88 mg proteína/Kcal) y 30% de carbohidratos. La alimentación fue proporcionada a saciedad (dos veces al día). De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontró que el alimento con una inclusión de 20% de proteína y 40% de carbohidratos presento el máximo crecimiento (400%) con respecto a las otros alimentos incluyendo la que contenía 40% de proteína; mientras que la dieta con 20% de proteína y 45% de carbohidratos produjo una disminución significativa ( $P < 0.05$ ) en la tasa de crecimiento (255%). Se observo que la relación de eficiencia proteica



tiende a disminuir a medida que aumenta el nivel de proteína, obteniéndose el valor más alto en el alimento de 20% de proteína y 35% de carbohidratos (2.09) no habiendo diferencias significativas ( $P>0.05$ ) con los otros alimentos y el valor más bajo fue en el alimento con 40% de proteína y 30% de carbohidratos (0.71) presentando diferencias significativas ( $P<0.05$ ) con el resto de los alimentos de 20% de proteína. En la sobrevivencia no se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los alimentos de 20% de proteína, en los cuales se obtuvieron valores del 97 al 100%; en el alimento con 40% de proteína se presentó una sobrevivencia del 86%, significativamente ( $P<0.05$ ) menor. En la digestibilidad aparente de proteína se mostró que los alimentos que contenían 20% de proteína con 40 y 45% de carbohidratos presentaron los valores más altos (74%), teniendo diferencias significativas ( $P<0.05$ ) con las que contienen 30 y 35% de carbohidratos (64 y 61% respectivamente). La dieta con 40% de proteína y 30% de carbohidratos mostró un coeficiente de digestibilidad de proteína del 84%, estadísticamente ( $P<0.05$ ) superior a las demás dietas. Por lo cual recomienda que el nivel de inclusión de proteína sea del 20%.

## Relación Proteína/Energía en *Litopenaeus vannamei*.

Un desbalance en la energía puede afectar negativamente en el crecimiento del camarón. Una deficiencia da como resultado que cada nutriente provea energía para satisfacer el requerimiento de mantenimiento antes que de crecimiento. En cambio, una alta relación de energía con otro nutriente reduce la alimentación y limita la disponibilidad de nutrientes requeridos para crecer (Cuzon, 1991). Se ha comprobado que los peces y crustáceos utilizan preferentemente las proteínas como fuente de energía, por lo que se recomienda utilizar en la formulación de dietas, carbohidratos altamente digeribles con el objeto de ahorrar proteínas, para aumentar la velocidad de crecimiento y minimizar el costo de los alimentos (Rodríguez - Marín, 1993).

Cousin *et al.* (1993) realizaron una investigación para determinar el nivel del requerimiento óptimo de proteína/energía dietaria, con juveniles de *Litopenaeus vannamei* de talla promedio de 1.70 mg. El experimento duro 30 días en acuarios de 60 litros con un sistema de recambio de agua marina, distribuyéndose 11 camarones en cada acuario, realizándose tres replicados por dieta. Se mantuvo una relación óptima de proteína/energía (1000kcal/100g de proteína cruda) definida en un estudio previo, utilizando nueve dietas semipurificadas donde se variaron las fuentes de proteína y carbohidratos, con inclusiones de proteína de: 20, 22, 23, 26, 27, 30, 33, 35 y 38% (82, 81, 78, 83, 83, 82, 81, 80 y 82 mg proteína/Kcal). La alimentación se proporciono racionada (10%), dos veces al día ajustándose de acuerdo al consumo diario. Se obtuvo el valor mas alto de tasa de crecimiento en la dieta con 35% de proteína (289%) no presentando diferencias significativas ( $P>0.05$ ) con las dietas de inclusión de proteína de 22, 23, 26, 30, 33 y 38%, que tuvieron un crecimiento de 151, 153, 155, 165, 273, 286 y 260% respectivamente; la tasa de crecimiento mas baja fue en la dieta con una inclusión de proteína de 22% (151 %), no teniendo diferencia significativas ( $P>0.05$ ) con las dietas con una inclusión de proteína de 20, 22, 26 y 27% que obtuvieron un crecimiento del 254, 151, 153 y 155% respectivamente. La mejor tasa de conversión alimenticia fue en la dieta con 26% de proteína con un valor de 2.22, no presentando diferencias significativas ( $P>0.05$ ) con el resto de las dietas; el valor mas deficiente fue en la dieta con 20% de proteína con un valor de 2.75. La relación de eficiencia proteica más alta fue en la dieta con 23% de proteína con un valor de 1.96 y la mas baja en la dieta con 23% de proteína con un valor de 1.27. La relación de eficiencia proteica decreció a medida que aumentaba el contenido de proteína. El nivel óptimo de proteína para este estudio fue del 30% en base seca (82 mg proteína/Kcal).

Aranyakananda y Lawrence (1994) realizaron una investigación de los efectos de la tasa de ingestión sobre los requerimientos alimenticios de proteína/energía y la relación óptima para *Litopenaeus vannamei*. Para ello, llevaron acabo dos bioensayos de crecimiento, con juveniles de 0.28 – 0.32 g, con una duración de 28 días cada uno, en tanques de 16 litros (0.06 m<sup>2</sup>) que eran parte de un sistema semicerrado de recirculación de agua marina de 80 m<sup>3</sup>, el flujo de cada estanque fue de 0.5 litro/min. Se elaboraron 24 dietas semipurificadas, en las cuales se variaron las fuentes de proteína, lípidos y carbohidratos. En el primero se prepararon 15 dietas, con ocho replicados (15 X 8), con tres niveles de proteína 25% (53, 55, 57, 63 y 67 mg proteína/Kcal), 35% ( 68, 71, 75, 78 y 83 mg proteína/Kcal), 45% ( 87, 93, 101, 106, y 110 mg proteína/Kcal) y cinco niveles de aceite de pescado 2, 5, 8, 11, y 14%, adicionando 2% de *Artemia* sp liofilizada. En el segundo se prepararon nueve dietas, con 24 replicados (9 X 24); de igual forma, tres niveles de proteína 25% (54, 57 y 60 mg proteína/Kcal), 35% (74, 79 y 83 mg proteína/Kcal) 45% (95, 102 y 106 mg proteína/Kcal) y tres niveles de aceite de pescado 5, 8, y 11%. Los camarones fueron alimentados *ad libitum* 15 veces por día, con alimentadores automáticos, durante los 28 días de la prueba de crecimiento. La tasa de alimentación fue del 100% del peso inicial durante la primera semana, posteriormente fue ajustada a que estuviera ligeramente en exceso del consumo. De acuerdo a los resultados que se obtuvieron para ambos experimentos, no hubo diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en la tasa de crecimiento y llegaron a la conclusión que el requerimiento alimenticio en proteína para juveniles de *Litopenaeus vannamei* es de 45% (95, 102 y 106 mg proteína/Kcal) cuando se alimenta con las dietas sin *Artemia* sp liofilizada y de 25% (53, 55, 57, 63 y 67 mg proteína/Kcal) cuando se les agrega *Artemia* sp liofilizada.

Presumiblemente los crustáceos como otros animales se alimentan para satisfacer sus necesidades energéticas y la cantidad de proteína dietaria debe estar balanceada con la cantidad adecuada de energía para de esta manera alcanzar una ingestión proteica óptima y una buena tasa de conversión. Si la relación de energía/proteína es demasiado elevada, el consumo y por consecuencia, el nivel de proteína ingerida con respecto al peso del cuerpo se va a ver reducido. El consumo de una dieta con un nivel bajo de energía derivada del consumo de lípidos y carbohidratos puede llevar a la utilización catabólica de la proteína para compensar esta condición y la utilización de la proteína como fuente energética se manifestará por un crecimiento comparativamente pobre y una baja eficiencia de conversión proteica (D'Abramo *et al.* 1994). Por lo que se sugiere que en la formulación de las dietas se estimen los valores de relación proteína/energía adecuados, para una mejor utilización de la energía metabolizable por los animales. Esta información es esencial para desarrollar dietas con un costo efectivo, ya que la proteína se utilizara exclusivamente para la síntesis de tejido (crecimiento) (Cuzon y Guillaume , 1997).

## **Relación de Proteína Vegetal/Animal.**

Una meta común para cada especie de acuicultura es remplazar la proteína marina que resulta más onerosa, por proteína vegetal que es menos cara; requiriendo una compensación de las diferencias entre las proteínas marinas y vegetales, (Chamberlain, 1994). Así mismo la substitución de harinas vegetales, en lugar de proteínas marinas permitirá reducir el costo; en términos de nutrientes las harinas marinas contienen niveles superiores de energía, aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, fosfolípidos, colesterol, minerales y atractantes en comparación de las proteínas vegetales (Chamberlain, 1996).

Se considera que la opción más viable para remplazar a la harina de pescado es la utilización de proteínas vegetales dado que su producción está sólo limitada por la disponibilidad de tierra y se puede extender durante todo el año si las condiciones ambientales lo permiten (Keembiyehetty y De Silva, 1993; Buentello *et al.*, 1997; Olvera *et al.* 1997; Tacon, 1997). Algunos autores mencionan que es posible sustituir totalmente la harina de pescado con soya entera sin afectar el crecimiento, mientras que otros reportan efectos negativos por inclusión de este material en las dietas.

## Relación de Proteína/Energía.

Capuzzo (1991) reporta información sobre los efectos de la energía dietaria en el crecimiento. Los efectos que hay en la composición corporal y en la alimentación eficiente en *Homarus*, *Macrobrachium* y *Peneidos* en general. El balance del nivel de energía en dietas apropiadas para crustáceos, se estima por los valores de energía dietaria de los nutrientes necesarios.

Shiau y Chou (1991) investigaron el efecto de la relación proteína/energía dietaria sobre el crecimiento del camarón tigre *Penaeus monodon*. Para ello realizaron un bioensayo con camarones de un peso de 0.82 g, que tuvo una duración de 56 días, con 10 camarones por acuario. Fabricaron 12 dietas prácticas con dos niveles de proteína, en las cuales la fuente de proteína (caseína) fue constante para ambos niveles, con 22 y 27 g (36 y 40% de proteína); la fuente de carbohidratos (dextrina) se utilizó para ajustar el nivel de energía. La relación proteína vegetal/animal para las dietas con una inclusión de proteína de 36% (95, 100, 106, 113, 120 y 129 mg de proteína/Kcal) fue de 15:1 y para las dietas de 40% de proteína (105, 111, 118, 125, 133 y 143 mg de proteína/Kcal) fue de 17:1. La fuente de proteína de origen vegetal fue la harina de soya y las de origen animal fueron las harinas de pescado, camarón, calamar y caseína. Los camarones fueron alimentados con el 8% de la biomasa dos veces al día. En los resultados para las dietas de 36%, el máximo crecimiento (378%) fue con la de 106 mg de proteína/Kcal, teniendo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con el resto de las dietas. En cuanto a las dietas con 40%, el máximo crecimiento (382%) fue con 125 mg de proteína/Kcal, teniendo diferencias significativas con el resto ( $P < 0.05$ ). La mejor tasa de conversión alimenticia para las dietas con una inclusión de proteína del 36% se presentó en la dieta de 106 mg de proteína/Kcal con 2.3; teniendo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con el resto de las dietas. Para las dietas con una inclusión de proteína del 40%, la mejor tasa de conversión alimenticia se presentó en la dieta de 125 mg de proteína/Kcal con 2.4 teniendo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con el resto de las dietas. La relación de eficiencia proteica más alta para las dietas con una inclusión del 36%, se presentó en la dieta de 106 mg de proteína/Kcal con 1.1 no teniendo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con la de 100, 120 y 129 mg de proteína/Kcal que tienen 0.9, 0.9 y 1.0 respectivamente y la menor se obtuvo en la dieta con 95 mg de proteína/Kcal con 0.8. En cuanto a las dietas con 40% de proteína, la relación de eficiencia proteica más alta se presentó en la dieta de 125 mg de proteína/Kcal con 1.0 no teniendo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con las dietas de 133 y 143 mg de proteína/Kcal ambas con 0.9, y la relación de eficiencia proteica más baja se presentó en la dieta de 111 mg de proteína/Kcal con 0.7 no teniendo diferencias con la dieta de 105 y 118 mg de proteína/Kcal con 0.9 y 0.8 respectivamente. La tasa de supervivencia en las dietas con 113 y 106 mg de proteína/Kcal fue del 70%, no teniendo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con el resto de las dietas. Asimismo para las dietas con 40% de proteína en las dietas de 133 y 118 mg de proteína/Kcal con 72% supervivencia no teniendo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con el resto de las dietas. La digestibilidad proteica para las dietas con una inclusión de 36% fue de 98%, no teniendo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con el resto de las dietas. Para las dietas con una inclusión de 40% de proteína la digestibilidad fue de 99% no teniendo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con el resto de las dietas. De acuerdo a los resultados mencionados, ellos recomiendan una dieta de 36% de inclusión de proteína con una relación de proteína/energía de 106 mg de proteína/Kcal o una dieta de 40% de proteína con 125 mg de proteína/Kcal.

Alvarez *et al.* (1993) utilizaron diferentes niveles de proteína en dietas prácticas para el engorde del camarón *Litopenaeus schmitti* en estanques de tierra, encontrando que los camarones alimentados con niveles proteicos entre 28 y 35% (4.09 y 4.12 Kcal/g de energía digestible respectivamente) alcanzaron los más altos incrementos en el crecimiento. Los valores de factor de conversión alimenticia tienden a mejorar al aumentar el nivel proteico. La eficiencia proteica disminuye al aumentar el nivel proteico.



Gaxiola *et al.* (1996) llevaron a cabo una evaluación de diferentes relaciones de proteína animal/vegetal en dietas para camarón *Litopenaeus schmitti*, realizando para ello dos experimentos en condiciones controladas con camarones de un rango de peso de 1.0 y 0.9 mg. Las dietas prácticas que se fabricaron fueron 12 con dos combinaciones de ingredientes, con relaciones de proteína animal/vegetal de 1:0, 6:1, 2.4:1, 1.2:1, 0.6:1 y 0:1; donde el origen de proteína animal fue: la harina de pescado, camarón y calamar; y el origen de proteína vegetal es la harina de soya. En el primer experimento la combinación fue harina de pescado/harina de soya y en el segundo experimento fue harina de camarón/harina de soya, ambos experimentos con harina de calamar, variándose las fuentes de proteína (excepto la harina de calamar) y carbohidratos. Los niveles de proteína dietaria fueron: para el primer experimento, 43% (82 mg de proteína/Kcal), 42% (81 mg de proteína/Kcal), 40% (79 mg de proteína/Kcal), 39% (78 mg de proteína/Kcal), 38% (98 mg de proteína/Kcal) y 36% (72 mg de proteína/Kcal). En el segundo experimento 43% (84 mg de proteína/Kcal), 41% (88 mg de proteína/Kcal), 40% (85 mg de proteína/Kcal), 40% (82 mg de proteína/Kcal), 38% (78 mg de proteína/Kcal) y 36% (69 mg de proteína/Kcal). La alimentación fue suministrada en exceso y osciló entre 120% de la biomasa inicial y hasta el 90% al finalizar los experimentos, la cual se repartió en dos alimentaciones diarias. Los resultados del primer experimento fueron: el crecimiento máximo (350%) se alcanzó con el tratamiento que contenía una relación de proteína animal/vegetal de 0.6:1 con una inclusión de proteína de 39%, mientras los otros cuatro tratamientos no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Por otra parte, en lo que respecta a la supervivencia, se observó que la más elevada (62%) se obtuvo en el tratamiento con la razón de proteína animal/vegetal 0.6:1 con 39% de inclusión de proteína, presentando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con los demás tratamientos, el porcentaje más bajo fue menor a 1% que fue en la dieta con una relación animal/vegetal 0:1 con una inclusión de proteína de 36% no presentando diferencias con la dieta con una relación 1:0 con una inclusión de proteína de 43% obteniendo un valor del 11%; la supervivencia tendió a incrementarse conforme aumentó el nivel de inclusión de la harina de soya y siempre que se combinó con una fuente de proteína. Para el segundo experimento los resultados fueron: el crecimiento máximo se alcanzó con el tratamiento que tenía una relación de proteína animal/vegetal de 1.2:1 con una inclusión de proteína de 40% con un valor de 375%, aunque está no difirió de la relación de proteína animal/vegetal de 0.6:1 ( $P > 0.05$ ) que obtuvo un valor de 354%. El menor crecimiento significativamente ( $P < 0.05$ ) se obtuvo con la dieta con una relación de proteína animal/vegetal 0:1 con 36% de inclusión de proteína con un valor del 203%. En lo que respecta a la supervivencia, se observó que la más elevada se obtuvo en el tratamiento con la razón de proteína animal/vegetal 1.2:1 con 40% de inclusión de proteína con 84%, presentando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con los demás tratamientos, el porcentaje más bajo fue 4% que fue en la dieta con una relación de proteína animal/vegetal 0:1 con 36% de inclusión de proteína no presentando diferencias ( $P > 0.05$ ) con la dieta con una relación de proteína animal/vegetal 1:0 con 41% de inclusión de proteína obteniendo un valor del 39%; la supervivencia tiende a incrementarse conforme aumentó el nivel de inclusión de la harina de soya, los valores menores se obtuvieron cuando se alimentó con un solo tipo de proteína, ya sea animal o vegetal. La digestibilidad *in vitro* de materia seca se llevó a cabo en las dietas del primer experimento, siendo la más alta la dieta que contenía una relación de proteína animal/vegetal 0:1, con 36% de inclusión de proteína con 67% de digestibilidad y el tratamiento con la relación de proteína animal/vegetal 0.6:1 con 38% de inclusión de proteína con 56%. Es posible plantear que las postlarvas de *Litopenaeus schmitti* favorecieron su crecimiento y supervivencia con una combinación de proteína animal/vegetal, siendo las mejores relaciones 1.2:1 y 0.6:1, dependiendo de las fuentes de proteína utilizada. Esto confirma la necesidad de emplear proteína vegetal en las formulaciones, que son indicadoras de la tendencia herbívora de la especie.

Baillet *et al.* (1997) realizaron un estudio sobre el crecimiento de juveniles de *Litopenaeus stylirostris*, utilizando para el bioensayo que tuvo una duración de 30 días, camarones con un peso de 4 a 5 g, en acuarios de 70 litros, con una densidad de 40 camarones/m<sup>2</sup>. Para ello fabricaron seis dietas experimentales isoenergéticas, con cinco replicados, en las cuales variaron las fuentes de proteína, carbohidratos y lípidos. La relación de proteína vegetal/animal para todas las dietas fue de 1:1. Los niveles de proteína dietaria son: 27% (68 mg de proteína/Kcal), 31% (77 mg de proteína/Kcal), 33% (81 mg de proteína/Kcal), 38% (91 mg de proteína/Kcal), 42% (99 mg de proteína/Kcal) y 44% (106 mg de

proteína/Kcal). Alimentándose con el 12% de la biomasa inicial, ajustándose de acuerdo al consumo diario (racionada) y proporcionándose tres alimentaciones al día. Con los resultados obtenidos se observó que la dieta de 42% presentó el máximo crecimiento, no presentando diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con el resto de las dietas; por lo que recomendaron un 33% de inclusión de proteína. La mejor tasa de conversión alimenticia, se presentó en las dietas con 27 y 31% de proteína con un valor de 2.4. En cuanto a la relación de eficiencia proteica, se observó que tiende a decrecer a medida que aumenta el contenido o nivel de proteína dietaria; la más alta relación de eficiencia proteica se presentó en la dieta de 31% con 1.5 y el más bajo en la dieta de 44% con 0.6, el resto de las dietas se mantuvieron con 0.7.

Clifford (1998) realizó una prueba de crecimiento con *Litopenaeus stylirostris* (SS), usando camarones de 2 a 3 g. Para ello utilizó tres dietas con niveles de proteína de: 35% dieta estándar, 35 % dieta de alta eficiencia y 40%, que fueron probadas en un cultivo semintensivo. Al inicio se alimentaban con la dieta de 40% y al alcanzar de 3 a 5 g, se cambió a la dieta a 35%. El mejor resultado de tasa de conversión alimenticia fue en la dieta con 40% de inclusión de con 2.05, seguida de la dieta de 35% de alta eficiencia con 2.28 y la más deficiente fue la dieta de 35% estándar con 2.68. En cuanto a la tasa de sobrevivencia la más alta se presentó de igual forma en la dieta con 40% de inclusión de proteína con 84%, seguida de la misma manera de la dieta con una inclusión de 35% de alta eficiencia con 80% y la más baja tasa fue la dieta con 35% estándar con 73%. Además menciona que los camarones juveniles (SS), típicamente exhiben un comportamiento alimenticio mucho más agresivo que el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

Read (sin año) realizó un estudio elaborando 6 dietas isocalóricas con niveles crecientes de proteína (20, 22, 25, 28, 30 y 35%) para evaluar el crecimiento y la tasa de conversión alimenticia en el camarón *Penaeus indicus*. En el mostró que el grado de crecimiento aumenta con el incremento de proteína hasta llegar al 30%. Del mismo modo ocurrió con la tasa de conversión alimenticia, ya que su valor disminuyó con niveles crecientes de proteína, hasta un valor óptimo de 6.7 con una inclusión del 30% de proteína, corroborándose que el 30% de proteína es el nivel más efectivo para *Farfantepenaeus indicus*.

## Estudios de Digestibilidad.

La calidad de las proteínas de origen vegetal es generalmente inferior a las proteínas animales, ya que carecen de ciertos aminoácidos esenciales. Sin embargo, al suplementar las proteínas de origen vegetal con los aminoácidos esenciales, los cuales son a menudo la lisina y metionina, estas proteínas de origen vegetal pueden resultar totalmente adecuadas (Potter, 1978). Además de que la digestibilidad proteica en vegetales, es afectada tanto por la configuración y secuencia aminoacídica como por: la fibra, taninos, fitatos y diversos factores antifisiológicos. Otro factor que influye en la digestibilidad, es el hecho de que algunas proteínas en los vegetales, se encuentran en forma de cuerpos proteicos rodeados de material celuloso que impide la acción de las enzimas (Badui, 1986).

La digestibilidad es el método empírico óptimo para medir la disponibilidad de nutrientes de un alimento. Un alimento formulado puede estar bien balanceado y contener todos los nutrientes esenciales en la dieta, pero no producir un buen crecimiento porque los nutrientes no se encuentran disponibles. El valor nutritivo verdadero de un alimento formulado depende en última instancia de la disponibilidad de sus nutrientes y no simplemente de su composición. El uso de datos de digestibilidad de los ingredientes además permitirá la formulación de alimentos más eficientes y menos contaminantes (Cruz *et al.* 1998).

En camarón la pasta de soya presentó un valor de digestibilidad proteica más alto (91.4%) que las harinas de pescado, de calamar y camarón; la digestibilidad proteica fue superior en un 10, 11 y 17% (80.7, 79.7 y 74.6%) respectivamente (Akiyama *et al.*, 1988).

Borrer y Lawrence (1989) investigaron los efectos de la celulosa (0 – 12%) sobre la digestibilidad del nutriente en *Litopenaeus vannamei* y reportaron que la celulosa disminuía la digestibilidad de la materia seca pero no la digestibilidad proteica de las dietas puras.

Akiyama *et al.* (1991) determinaron la digestibilidad aparente de la proteína y materia seca de los ingredientes de dietas experimentales en *Litopenaeus vannamei*. Los niveles más altos correspondieron a los ingredientes purificados que van desde 68.3 a 91.4% para la digestibilidad aparente en materia seca y un 81.1 a 99.1% de digestibilidad aparente de la proteína. En cuanto a los ingredientes prácticos la digestibilidad aparente en materia seca tuvo valores que van de 40.0 a 68.9% y para la digestibilidad aparente de la proteína de 76.4 a 99.1%. Esto indica que los ingredientes purificados de las dietas son más eficientemente digeridos que los ingredientes prácticos.

Aranyakananda y Lawrence (1993) investigaron el efecto de la tierra de diatomeas lavada en ácido sobre la digestibilidad aparente de nutrientes de *Litopenaeus vannamei*, utilizando dietas con tres niveles de proteína (25, 35 y 45%), tres niveles de lípidos (5, 8 y 11%) y tres niveles de tierra de diatomeas (0.5, 3.5 y 6.5%) obteniendo nueve dietas con diferentes relación de proteína/energía bruta: 55, 57, 60, 74, 79, 83, 95, 102 y 106 mg/kcal. La digestibilidad aparente de la materia seca fue significativamente diferente de acuerdo al nivel de inclusión de tierra de diatomeas lavadas en ácido y aumento a medida que el nivel disminuía o a medida que el nivel de lípidos aumento. No existieron diferencias significativas debido al nivel de proteína. No se encontró diferencias significativas en la digestibilidad aparente de proteína debido a la proteína o tierra de diatomeas.

Una creencia de muchos nutricionistas es que las proteínas de origen animal son más digestibles que las de origen vegetal. En términos de materia seca, las dietas con altos contenido de proteína son mas digestibles que dietas con alto contenido de carbohidratos; debido a que el camarón digiere más eficientemente las proteínas que los carbohidratos. También la calidad de la proteína del ingrediente es importante para su digestibilidad. Específicamente en los ingredientes prácticos la digestibilidad de materia seca es mayor para los ingredientes de origen animal que los de origen vegetal, pero para la digestibilidad proteica es mayor para los ingredientes de origen vegetal que los de origen animal (Akiyama, 1993).

La digestibilidad de la proteína tiende a disminuir cuando el contenido de ceniza se incrementa en las harinas de pescado (Romero *et al.* 1994).

Nieto-López *et al.* (1995) determinó coeficientes de digestibilidad de proteína y materia seca en *Litopenaeus vannamei*, al experimentar con tres métodos de colecta (sifoneo, filtración y decantación) con una dieta que cumplía con los requerimientos nutricionales para el camarón, reportando valores de digestibilidad de proteína de 90.69% (sifoneo), 78.92% (filtración) y 84.93% (decantación); en cuanto a la digestibilidad de materia seca obtuvo 79.48% (sifoneo), 77.28% (filtración) y 71.87% (decantación) respectivamente.

Por otra parte, Domínguez-Jiménez (1995) también en *Litopenaeus vannamei* determinó coeficientes de digestibilidad de materia seca, obteniendo los siguientes resultados: para la dieta 1, 82.99%; dieta 2, 81.98% y para la dieta 3, 82.99% respectivamente.

Los coeficientes de digestibilidad, para proteína y energía de los ingredientes, se requieren para mejorar las formulaciones de especies utilizadas en acuicultura (Reigh, 1996).

## **Parámetros Físico-químicos**

Los Parámetros físico-químicos que se recomiendan para la producción del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* son: una temperatura de 18 a 28°C, salinidad de 25 a 45‰, pH de 6.5 a 8.5, nitritos (NO<sub>2</sub>) de 0.1 mg/l y amonio (NH<sub>4</sub>) 0.05 mg/l, Flores-Nava (1994).

## **Lixiviación (Pérdida de Materia Seca)**

Romero-Alvarez (1995), realizó un estudio sobre el efecto de la temperatura, salinidad y tiempo de inmersión sobre la estabilidad de 3 alimentos peletizados para camarón y encontró que a una hora de inmersión del alimento en el agua, la pérdida de materia seca fue del 3 al 6%. Además también menciona, que los alimentos que no son bien aglutinados se desintegran fácilmente en el agua, por lo que la calidad del alimento del camarón es determinada no únicamente por su composición química, sino también por sus propiedades físicas, especialmente por su estabilidad en el agua.

Por otro lado Cruz-Suárez (1996), menciona que la formulación de alimento no solo tiene que llenar los requerimientos de los animales; si no ser muy estable en el agua porque los camarones se alimentan lenta y continuamente. La estabilidad en el agua es de suma importancia; ya que una gran cantidad de nutrientes se disuelven en las primeras dos o tres horas. Los alimentos que no son estables en el agua y se desintegran rápidamente van a producir un desperdicio de alimento (una pobre tasa de conversión alimenticia) y una contaminación del agua.



## OBJETIVOS

### General:

- ❖ Determinar el nivel óptimo de la relación proteína/energía dietaria, para el mejor crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, usando dos proporciones de proteína vegetal/animal (2:1 y 1:2).

### Particulares:

- ❖ Evaluar ocho dietas experimentales con inclusiones de 20, 25, 30 y 35% de proteína (50, 60, 70 y 80 mg proteína/Kcal), cuatro con una relación de proteína vegetal/animal 2:1 y cuatro con una relación de proteína vegetal/animal 1:2; para determinar cual es la óptima para un mejor crecimiento.
- ❖ Determinar la digestibilidad proteica y de materia seca de las 8 dietas experimentales.

## HIPOTESIS

- ❖ Se obtendrá el mismo crecimiento en *Litopenaeus vannamei* con los tratamientos de una relación de proteína vegetal/animal 2:1 que con los tratamientos de una relación de proteína vegetal/animal 1:2.
- ❖ En el camarón *Litopenaeus vannamei* el mejor crecimiento será con las dietas que tengan la menor relación de proteína/energía.

## MATERIAL Y METODOS

Para llevar a cabo la evaluación del nivel óptimo de la relación proteína/energía en dietas para el camarón *Litopenaeus vannamei*, se realizaron dos bioensayos, el primero una evaluación de parámetros biológicos como: peso ganado (PG), tasa de crecimiento (TC), tasa de conversión alimenticia (TCA), relación de eficiencia proteica (REP) y supervivencia (S); el segundo para determinar la digestibilidad aparente proteica de las dietas (DAPD) y digestibilidad aparente de la materia seca de las dietas (DAMSD).

### Diseño Experimental

El diseño experimental para el presente estudio fue de acuerdo a los objetivos planteados, elaborándose ocho dietas, cuatro con una relación de proteína vegetal/animal de 2:1 y cuatro con una relación de proteína vegetal/animal 1:2, con 20, 25, 30 y 35% de inclusión de proteína teórica (relación de proteína/energía teórica de 50, 60, 70 y 80 mg de proteína/Kcal).

El diseño experimental bifactorial planteado (Tabla 1), tuvo como factores:

- la relación de proteína vegetal/animal teórica de 2:1 y 1:2.
- la relación de proteína/energía teórica de 50, 60, 70 y 80 mg de proteína/Kcal.

Tabla 1. Diseño experimental bifactorial del bioensayo con *Litopenaeus vannamei*.

<i>Relación de Proteína/Energía</i>		<i>Relación de Proteína Vegetal/Animal</i>	
Nivel Inclusión de Proteína*	Relación Proteína/Energía *	Relación Vegetal/Animal 2:1	Relación Vegetal/Animal 1:2
20%	50 mg de proteína/Kcal	Dieta 1	Dieta 5
25%	60 mg de proteína/Kcal	Dieta 2	Dieta 6
30%	70 mg de proteína/Kcal	Dieta 3	Dieta 7
35%	80 mg de proteína/Kcal	Dieta 4	Dieta 8

\* Calculo Teórico

## Formulación y Preparación de los Alimentos.

### Formulación de la Dieta

Las dietas se formularon de acuerdo al análisis bromatológico de los ingredientes, previamente analizados en el Laboratorio de Análisis Bioquímicos del Programa Maricultura de la Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. Para que la dieta cumpliera con los requerimientos nutricionales del camarón, se utilizaron los propuestos por Tacon (1987) y Akiyama *et al.* (1991).

Tabla 2. Análisis bromatológico de los ingredientes, que proporcionan la mayor cantidad de proteína.

INGREDIENTES	INGREDIENTE					
	Proteína	ELN	Lípidos	Ceniza	Fibra	Humedad
Pasta de Soya #1	46.282	36.040	0.090	5.778	4.850	6.140
Pasta de Soya #2	40.638	7.087	4.077	4.077	5.587	9.644
Harina de Trigo	12.70	74.56	0.960	0.490	0.210	11.510
Harina Pescado	66.90	0.735	8.585	14.521	0.427	8.825
Harina Camarón	40.500	17.460	12.280	21.360	17.640	8.220

Los datos de los aminoácidos de los ingredientes, se tomaron de las tablas de información de NRC y de NOVUS; en cuanto a los ácidos grasos de la harina y aceite de pescado se tomaron de publicaciones de la asociación de productores de harina de pescado (IFOMA), los valores de ácidos grasos y fosfolípidos de la lecitina de soya se tomaron de los valores de la ficha técnica del fabricante.

La formulación de las ocho dietas fue calculada manualmente. En la estrategia de la formulación primero se calculo la dieta que tenía una inclusión de proteína teórica de 35% con una relación de proteína/energía de 80 mg de proteína/Kcal, para ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 2:1. Posteriormente se disminuyo la inclusión de las fuentes de proteína para ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2, conservándose las proporciones entre ellas para mantener el mismo perfil de aminoácidos. Solamente para las dietas tres y siete se utilizan la pasta de soya dos (#2).

El almidón de trigo aumenta su inclusión, al disminuir el contenido de proteína, así como la celulosa, el aceite de pescado y la lecitina. En las dietas con una relación de proteína 2:1 vegetal/animal se adicionó tierra de diatomeas como relleno no nutritivo. El resto de los ingredientes (alginato, hexametáfosfato, atractante, vitamina C, colina, mezcla mineral, mezcla vitamínica, metionina, antifúngico y antioxidante) se mantuvieron constantes en las dietas para ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2. Después se llevo a cabo los cálculos de composición proximal teórica utilizando el programa computacional MIXIT+2.

Tabla 3. Composición de dietas formuladas con el software computacional MIXIT+2.

INGREDIENTES	Relación vegetal/animal 2:1				Relación vegetal/animal 1:2			
	Dieta 1 (20%)	Dieta 2 (25%)	Dieta 3 (30%)	Dieta 4 (35%)	Dieta 5 (20%)	Dieta 6 (25%)	Dieta 7 (30%)	Dieta 8 (35%)
Pasta de Soya #1 <sup>1</sup>	25.31	31.80	-----	44.70	8.70	11.00	-----	15.38
Pasta de Soya #2 <sup>2</sup>	-----	-----	38.21	-----	-----	-----	13.10	-----
Harina de Trigo <sup>3</sup>	11.92	14.90	18.20	21.10	20.10	25.01	30.01	35.23
Harina Pescado <sup>4</sup>	8.24	10.30	12.30	14.30	18.40	23.01	27.71	32.30
Harina Camarón <sup>5</sup>	2.28	2.84	3.40	4.00	2.28	2.80	3.40	4.00
Metionina <sup>6</sup>	0.14	0.18	0.21	0.25	0.04	0.06	0.07	0.09
Ac Pescado <sup>7</sup>	3.39	3.29	3.17	3.06	3.02	2.82	2.60	2.40
Lecitina <sup>8</sup>	5.09	4.92	4.75	4.59	4.53	4.22	3.91	3.60
Almidón Trigo <sup>9</sup>	26.65	17.76	8.74	-----	26.56	18.65	8.94	-----
Celulosa <sup>10</sup>	8.97	6.02	3.01	-----	9.36	5.43	3.22	-----
T. de Diatomeas <sup>11</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	-----	-----	-----	-----
Colesterol <sup>12</sup>	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Alginato <sup>13</sup>	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Hexametáfosfato <sup>14</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Atractante <sup>15</sup>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Vitamina C <sup>16</sup>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Colina <sup>17</sup>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Mezcla Mineral <sup>18</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Mezcla Vitamínica <sup>19</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Antifúngico <sup>20</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Antioxidante <sup>21</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Oxido de Cromo <sup>22</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Formulas para 100 g

**\*Origen de Ingredientes**

<sup>1</sup> Proteínas Naturales S. A. de C. V.

<sup>2</sup> Forrajera Monterrey, N. L.

<sup>3</sup> Molino Sant Joan S. A. de C. V.

<sup>4</sup> Chilena B-9274.

<sup>5</sup> TEPUAL S. A. de C. V.

<sup>6</sup> Sigma Chemical Co.

<sup>7</sup> TEPUAL S. A. De C. V.

<sup>8</sup> Harinas Básicas, Matamoros.

<sup>9</sup> Sigma Chemical Co. S-5127.

<sup>10</sup> Sigma Chemical Co. C-8002.

<sup>11</sup> Reino Animal, San Nicolás de los Garza N. L.

<sup>12</sup> Solvay Duphar Cat. 7515.

<sup>13</sup> Sigma Chemical Co. A-7128

<sup>14</sup> Analytyka de México Cat. S3080R.

<sup>15</sup> INVE S. A. De C. V.

<sup>16</sup> Stayc, Roche.

<sup>17</sup> Técnicas Nutricionales S. A. de C. V.

<sup>18</sup> Técnicas Nutricionales S. A. de C. V.

<sup>19</sup> Química Dresen S. A. de C. V.

<sup>20</sup> Técnicas Nutricionales S. A. de C. V.

<sup>21</sup> Analytyka de México Cat. C7000-00500

<sup>22</sup> Analytyka de México Cat. C7000-00500



### *Preparación de la Dieta.*

Para la preparación de las dietas uno, dos, cuatro, cinco, seis y ocho se utilizó la pasta de soya uno (#1), en las dietas tres y siete se utilizó la pasta de soya dos (#2), ya que estas fueron elaboradas de nuevo, para poder ajustar un poco los lípidos con respecto al resto de las dietas.

Los ingredientes, previamente molidos se pesaron en una balanza digital OHAUS® (macroingredientes) y una balanza digital semianalítica AND HF-300® (microingredientes) para posteriormente ser mezclados en una batidora Kitchen Aid® de 5 litros. Primeramente los macroingredientes secos (harina de pescado, de camarón, de soya, de trigo) por 10 min; enseguida por separado los microingredientes secos (metionina, colesterol, alginato, hexametáfosfato, antifúngico, mezcla mineral, mezcla vitamínica, vitamina C, colina, celulosa, almidón de trigo y tierra de diatomeas), también por 10 min. Después se mezclaron ambos por 10 min hasta quedar homogéneos. Los ingredientes líquidos (aceite de pescado, lecitina de soya, attractante, y antioxidante) se pesaron por separado y se fueron agregando poco a poco, mezclándose también por 10 min, finalmente se agregó agua de 400 a 460 ml, según fue requerido.

Se prepararon 2 Kg de cada dieta, separando 500 g para mezclarlo con el marcador (1 g de óxido de cromo) para los estudios de digestibilidad. En la fabricación de los pellets de cada una de las dietas se utilizó un molino para carne Torrey® con un dado de 1 mm de diámetro. Al salir del molino los pellets alcanzaban una temperatura de 70 a 75°C y posteriormente se secaron en la estufa a 100 °C durante 8 min, conservándose en refrigeración a 4°C en bolsas y recipientes herméticos.

## **Análisis de la Dietas**

### *Análisis Bromatológico*

Los análisis de las dietas experimentales se realizaron en el laboratorio de Análisis Bioquímicos del Programa Maricultura de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L., mediante los métodos de análisis proximal descritos por la A.O.A.C. (1990), los cuales fueron: Proteína Cruda (Tecator, 1987), Extracto Etéreo (Tecator, 1983), Fibra Cruda (A.O.A.C. 1990, No. 962.09), Humedad (A.O.A.C. 1990, No. 929.36), Materia Seca (Diferencia) y Ceniza (A.O.A.C. 1990, No. 942.05).

### *Análisis de Lixiviación*

La determinación de la estabilidad y el porcentaje de pérdida de materia seca de las dietas formuladas se realizó por el método propuesto por AQUACOP (1979). Se utilizaron canastas metálicas de forma cúbica con dimensiones de 5 x 5 x 10 cm con una luz de malla de 1mm, las cuales fueron secadas en la estufa a 130°C durante 2 h (PC). Se colocaron 5 g de cada dieta (P1), por triplicado, en las canastas, las cuales están colgadas de un eje conectado a un motor con un movimiento circulatorio de 5 r.p.m. y 6 cm de amplitud (cada ondulación dura 12 s aproximadamente), en un recipiente que contenía agua marina sintética, manteniendo una temperatura y salinidad constante durante 1 h. Transcurrido el tiempo las canastillas fueron trasladadas nuevamente a la estufa a 130°C por 2 hrs, para después ser pesadas (P2) y evaluar la pérdida de materia seca (PMS) conforme a la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida de materia seca (\%)} = \frac{(P1 - PC) \times Ms - (P2 - PC)}{(P1 - PC) \times Ms}$$

Donde:

PC = Peso Canasta Seca

P1 = Peso Canasta + Alimento Inicial

Ms = Relación Peso Materia Seca/ Peso Alimento Inicial

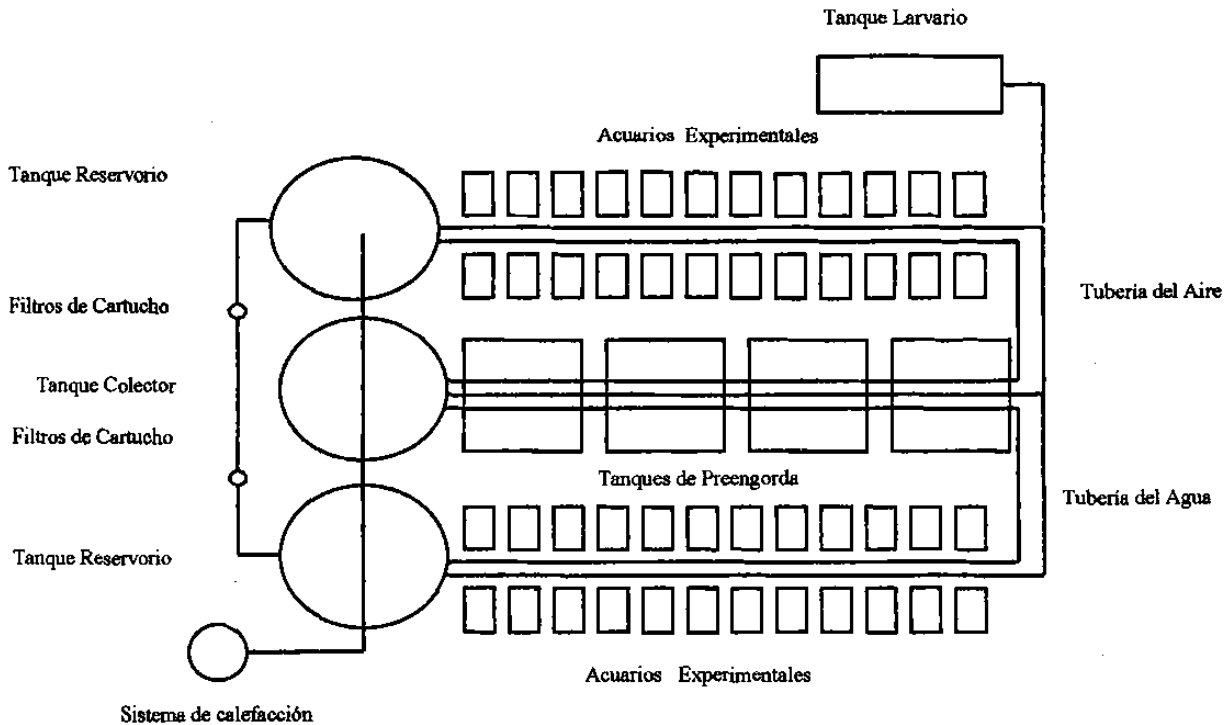
P2 = Peso Canasta + Alimento Lixiviado Seco

### *Descripción de la Sala de Bioensayos*

La sala de bioensayos consta de un sistema de circulación de agua marina sintética; tiene 48 acuarios de fibra de vidrio de 60 x 30 x 35 cm, con un volumen de 60 l de capacidad cada uno. Los acuarios tienen un doble fondo cubierto con tela de gasa negra y un sistema de "air waterlift" para promover la circulación descendiente del agua a través del doble fondo y oxigenar los acuarios. También se cuenta con estanque larvario de 2.0 x 0.6 x 0.4 m, con una capacidad de 480 l; cuatro estanques de aclimatación y/o preengorda de 1.4 x 1.5 x 0.4 m, con una capacidad de 500 l; 5 tanques de 1,500 l, tres de los cuales son colectores y dos son de almacenamiento que por medio de gravedad abastecen de agua a los acuarios. Los tanques de almacenamiento cuentan con un intercambiador de calor (serpentin), por el cual fluye agua caliente en su interior con una temperatura de 30 – 32 °C que proviene de un calentador, además cada uno esta equipado con un contactor biológico rotatorio y dos espumadores, esto con la finalidad de oxidar el amonio, la materia orgánica soluble presente en el sistema y de este manera mantener la calidad del agua. Así mismo la sala esta equipada con cuatro filtros de cartucho de 50 micras, dos de carbón activado, un ozonificador y un sistema de U.V. (Figura 1)

9124052

**Figura 1. Vista General de la Sala de Bioensayos del Programa Maricultura.**



***Parámetros Físico-Químicos del Agua.***

Durante el desarrollo del bioensayo se determinaron diariamente: la salinidad del agua (refractómetro) y la temperatura (termómetro convencional); semanalmente: pH, amonio, nitritos, nitratos con pruebas colorimétricas Kits LaMotte ® (Tabla 7).

***Origen de los Organismos.***

Las postlarvas de *Litopenaeus vannamei* se obtuvieron del laboratorio de producción de Ahome, localizado en los Mochis, Sinaloa. Se transportaron por vía aérea en hieleras de unicel, colocados en bolsas de plástico con agua marina, oxígeno y un poco de hielo (para bajar el metabolismo de los camarones). Llegando a la Ciudad de Monterrey, se trasladaron a la sala de bioensayos del Area de Maricultura de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L., para su aclimatación en el tanque de postlarvas. Se alimentaron con una combinación de Aclimacc®, Biomarine Brand-ABM 2000® (*Spirulina* algae 50 micrones), Biomarine Brand Nutra Mac 8 Dry® (No. 1 100–300 micron) y una dieta comercial granulada de la marca Rangem®.

## **Desarrollo Experimental de la Evaluación Biológica del Camarón *Litopenaeus vannamei*.**

### ***Bioensayo de Crecimiento.***

La evaluación del bioensayo de crecimiento con *Litopenaeus vannamei*, se realizó del 31 de Marzo a 28 de Abril de 1999. Las postlarvas de camarón seleccionadas para el bioensayo fueron distribuidas de manera homogénea, con un rango de 104 a 160 mg, para obtener una biomasa similar en cada tratamiento. Se utilizaron cuatro replicados por dieta, con ocho tratamientos (4x8), utilizándose 32 acuarios de fibra de vidrio con capacidad de 60 litros. En cada acuario se colocaron ocho camarones, pesados en una balanza digital semianalítica AND HF-300® con una precisión de mg.

El primer día del bioensayo se pesaron y distribuyeron las postlarvas de camarón. Los replicados de las dietas fueron distribuidos al azar, en los 32 acuarios, proporcionando el 10% de alimentación de acuerdo a la biomasa. La dieta fue racionada, alimentando 2 veces al día, 50% por la mañana (7:00 a.m.) y el 50% restante por la tarde (7:00 p.m.).

La ración en porcentaje de la biomasa inicial se modificó en el transcurso del bioensayo iniciándose con un 10% hasta un 16%, durante los primeros 14 días. Después de las biometrias se racionó al 12% de la biomasa, hasta el término del bioensayo (29 días).

El seguimiento fue diario, reportando por la mañana: la supervivencia presente, mudas y restos de alimento no consumido; posteriormente se sifoneaba cada uno de los acuarios para eliminar el resto del alimento, heces, camarones muertos y mudas presentes. En la tarde se proporcionaba el resto del alimento diario. El registro de camarones muertos y resto de alimento, permitió ajustar la ración de alimento diario, suministrando una adecuada alimentación, de acuerdo a la biomasa por acuario.

### ***Bioensayo de Digestibilidad.***

La evaluación del bioensayo de digestibilidad con *Litopenaeus vannamei*, se llevo a cabo del 4 al 11 de Mayo de 1999, donde se usaron ocho acuarios de fibra de vidrio con una capacidad de 60 litros. La repartición de las dietas fue al azar, con tres replicados en el tiempo, con un total de 24 replicados (3x8). Se utilizaron de 13 a 20 camarones por tratamiento con un rango de 0.419 mg a 1.171 g, pesados en una balanza digital semianalítica AND HF-300® con una precisión de mg. El alimento se suministro dependiendo de la biomasa del replicado, dándose dos veces al día para coleccionar la mayor cantidad de heces.

Para la colecta de heces, primero se adapto a los organismos a las dietas experimentales por un día. Se utilizo la técnica de sifoneo, con la ayuda de una pipeta Pasteur conectada a una manguera de plástico con un diámetro de 10 mm. Después de realizar el sifoneo de las heces, estas eran lavadas con agua destilada para eliminar la mayor cantidad de sales y de material extraño que pudiera originar algún error en las lecturas de proteína y contenido de cromo al ser analizadas en el espectrofotómetro (Beckman®). Las heces lavadas se colocaron en frascos de color ámbar de 25 ml, para evitar el contacto con la luz, hasta completar 1g de heces (base humedad), almacenandose en un congelador a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, se realizaron los análisis de contenido de cromo en las heces y de proteína. Para esto, primeramente se liofilizaron las heces (liofilizador Labcoconco®) para posteriormente ser procesadas de acuerdo al método de Bolin 1952, para cromo y proteína (microkjeldahl®).

### *Parámetros de Evaluación Biológica*

Los parámetros que se evaluaron para el bioensayo de crecimiento con *Litopenaeus vannamei* son los siguientes: Peso Ganado (PG), Tasa de Crecimiento (TC), Consumo de Alimento en Base Seca (CA), Tasa de Conversión Alimenticia en Base Seca (TCA), Relación de Eficiencia Proteica (PER), Supervivencia (S) para cada acuario utilizando las siguientes fórmulas:

- ❖ **Peso ganado (PG):** Diferencia del peso promedio final y el peso promedio inicial de los organismos en el acuario (tratamiento) considerado.

$$PG = \text{Peso Promedio Final} - \text{Peso Promedio Inicial}$$

- ❖ **Tasa de Crecimiento (TC):** Incremento de peso en % del peso inicial.

$$TC = \frac{(\text{Peso Final Promedio} - \text{Peso Inicial Promedio})}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

- ❖ **Tasa de Conversión Alimenticia (TCA):** Cantidad (g) de alimento consumido por g de peso corporal ganado.

$$TCA = \frac{\text{Alimento Consumido}}{\text{Peso Ganado}}$$

Donde:

**Alimento consumido (AC):** es la suma del consumo individual diario (CID) calculado en función de la ración de alimento y la cantidad de restos estimados en un acuario.

AC= suma de CID estimados para cada día del periodo considerado.

$$CID = \frac{(\text{Ración de Alimento}) (\% \text{ de Consumo})}{\# \text{ de Organismos}}$$

- ❖ **Relación de Eficiencia Proteica (PER):** Relación entre el peso ganado y la proteína ingerida.

$$PER = \frac{\text{Peso Ganado}}{\text{Proteína Ingerida}}$$

- ❖ **Supervivencia (S):** Número final de camarones en c/acuario en con respecto al número inicial

$$S = \frac{\text{No. Final de Animales}}{\text{No. Inicial de Animales}} \times 100$$

Los parámetros que se evaluaron para el bioensayo de digestibilidad con *Litopenaeus vannamei*, fueron: Digestibilidad Aparente de Materia Seca (DAMS) y Digestibilidad Aparente Proteica *in vivo* (DAP) para cada tratamiento, utilizando las siguientes fórmulas:

- ❖ Digestibilidad Aparente de Materia Seca (DAMS) de las Dietas: % de Digestibilidad de Materia Seca

$$\text{DAMS} = 100 - \left( \frac{\% \text{ Materia Seca en Heces}}{\% \text{ Materia Seca en dieta}} \times \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ en Dieta}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ en Heces}} \times 100 \right)$$

- ❖ Digestibilidad Aparente Proteica (DAP) *in vivo* de las Dietas: % de Digestibilidad de las Dietas

$$\text{DAP} = 100 - \left( \frac{\% \text{ Proteína en Heces}}{\% \text{ Proteína en Dieta}} \times \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ en Dieta}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ en Heces}} \times 100 \right)$$

### ***Análisis Estadístico***

Se realizó un análisis estadístico bifactorial de las ocho dietas, para evaluar el efecto de los factores: Relación del contenido de proteína vegetal/animal (2:1 y 1:2) y relación proteína/energía (50, 60, 70 y 80 mg proteína/Kcal). Y para la determinación de las diferencias y/o similitudes significativas con respecto a las dietas, se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) de una vía y una prueba de comparación de medias de Duncan, con el programa de computo SPSS para Windows '97 (con un diseño de bloques completamente al azar).

## RESULTADOS

### *Análisis Bromatológico de las Dietas*

Las dietas presentaron valores muy cercanos de concentración de proteína en base húmeda muy cercanos a los esperados de 20, 25, 30 y 35%, con una diferencia de  $\pm 1$  un punto.

En cuanto al contenido de grasa las dietas tuvieron variaciones de concentración de un 8.46 a 9.81% y de un 8.78 a 9.91%; los carbohidratos presentaron valores en las dietas en orden decreciente de 49.04 a 35.03% y de 52.20 a 37.40%, así como la fibra de 7.09 a 2.63% y de 5.36 a 0.71%; la ceniza presenta valores que van ascendiendo de un 6.02 a 8.66% y de 6.34 a 9.31% para las relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2 respectivamente.

La relación proteína/energía de las dietas, de acuerdo con los resultados presento valores relativamente cercanos a los esperados de 50, 60, 70 y 80 mg de proteína/Kcal de  $\pm 1$  punto para las dietas: tres, cinco, seis y ocho; la diferencia con el valor teórico fue de dos puntos para la dieta siete; de tres puntos para las dietas uno y cuatro; de cuatro puntos para la dieta dos (tabla 4).

**Tabla 4.** Análisis bromatológico de las dietas, determinado en el laboratorio de Maricultura (base húmeda).

	Relación vegetal/animal 2:1				Relación vegetal/animal 1:2			
	D1 (20%)	D2 (25%)	D3 (30%)	D4 (35%)	D5 (20%)	D6 (25%)	D7 (30%)	D8 (35%)
PROTEÍNA	21.12	26.25	29.11	35.39	21.32	26.64	31.12	35.50
GRASA	8.46	9.21	9.81	9.13	8.78	9.10	8.84	9.91
ELN	49.04	43.47	39.92	35.03	52.20	48.00	41.91	37.40
FIBRA	7.09	6.23	4.72	2.63	5.36	3.37	3.10	0.71
CENIZA	6.02	6.90	8.65	8.66	6.34	7.42	8.17	9.31
HUMEDAD	8.27	7.94	7.79	9.16	6.00	5.47	6.86	7.17
Kcal/100gr	399.70	412.71	419.87	428.5	416.82	432.43	430.08	446.28
KJ/100gr	1674.74	1729.25	1759.26	1795.41	1746.48	1811.88	1802.04	1869.91
mg pt/Kcal	<b>52.83</b>	<b>63.60</b>	<b>69.33</b>	<b>82.58</b>	<b>51.14</b>	<b>61.60</b>	<b>72.35</b>	<b>79.54</b>
mg pt/KJ	12.61	15.18	16.55	19.71	12.21	14.70	17.27	18.98

\*Se usaron los siguientes factores de energía bruta: 9.5 lípidos, 5.6 proteína y 4.1 carbohidratos Kcal/g.

El perfil de aminoácidos de las dietas fue homogéneo, ya que el incremento de una dieta a otra fue proporcional al contenido proteico, de  $\pm 1$  punto de diferencia, para cada una de ellas.

**Tabla 5.** Perfil de aminoácidos de las dietas experimentales.

AMINOACIDOS	Relación vegetal/animal 2:1				Relación vegetal/animal 1:2			
	Dieta 1 (20%)	Dieta 2 (25%)	Dieta 3 (30%)	Dieta 4 (35%)	Dieta 5 (20%)	Dieta 6 (25%)	Dieta 7 (30%)	Dieta 8 (35%)
Arginina	1.29	1.62	1.94	2.27	1.09	1.36	1.63	1.91
Lisina	1.26	1.59	1.90	2.22	1.29	1.62	1.94	2.27
Metionina	0.50	0.63	0.75	0.88	0.50	0.64	0.76	0.90
Isoleucina	1.00	1.26	1.51	1.76	0.92	1.15	1.38	1.62
Leucina	1.48	1.86	2.23	2.60	1.48	1.86	2.23	2.61
Histidina	0.46	0.58	0.70	0.82	0.45	0.56	0.68	0.79
Fenilalanina	1.03	1.29	1.55	1.81	0.95	1.18	1.42	1.67
Treonina	0.75	0.95	1.14	1.33	0.77	0.96	1.15	1.35
Triptofano	0.25	0.32	0.38	0.44	0.23	0.29	0.35	0.41
Valina	0.54	0.55	0.57	0.58	0.61	0.65	0.68	0.71



## Lixiviación de las Dietas

La lixiviación o PMS de los alimentos no fue afectada significativamente ( $P>0.05$ ) por el factor relación proteína vegetal/animal (2:1 y 1:2). Los promedios de PMS fueron de 11.15 y 10.71% respectivamente. Así mismo esto no se vio afectado significativamente ( $P>0.05$ ) por los diferentes niveles de proteína/energía de las dietas. La interacción entre los dos factores no fue significativa ( $P>0.05$ ), (tabla 8). El ANOVA de una vía no presentó diferencias estadísticas (Tabla 6).

Tabla 6. Porcentaje de pérdida de materia seca o lixiviación de las dietas experimentales.

	Relación vegetal/animal 2:1				Relación vegetal/animal 1:2			
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
I	7.70	8.83	13.11	11.93	8.29	7.44	9.56	13.95
II	10.10	12.26	13.69	11.01	13.58	11.71	12.09	13.72
III	11.09	10.72	9.51	13.78	12.13	8.47	8.35	9.46
MEDIA	9.63±1.74	10.60±1.71	12.11±2.26	12.24±1.41	11.26±2.64	9.20±2.22	10.00±1.91	12.38±2.52

## Parámetros Físicoquímicos del Agua.

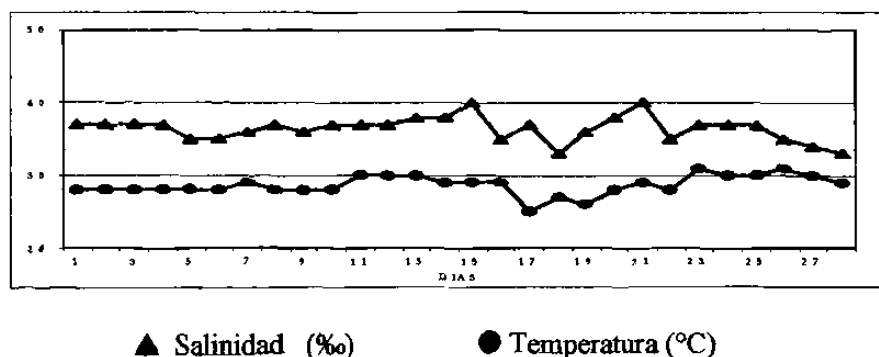
La evaluación de la calidad del agua se realizó semanalmente, durante la realización de la evaluación del bioensayo de crecimiento de *Litopenaeus vannamei*. Observándose que los parámetros se mantuvieron dentro de los rangos establecidos durante el bioensayo (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros físicoquímicos del agua marina sintética durante el bioensayo .

SEMANA	PARAMETROS FISICOQUIMICOS				
	PH	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>
1	8.0	0.07	120	0.08	0.3
2	8.1	0.06	200	0.05	0.3
3	8.1	0.06	91	0.25	0.3
4	7.9	0.06	120	1.00	0.3

En cuanto la temperatura y la salinidad del agua de la sala de bioensayos, se mantuvo entre los 26°-31°C y 33 - 40 ‰ respectivamente; las variaciones que se presentaron se encuentran dentro de un rango aceptable, afectando a todos los acuarios al mismo tiempo.

Gráfica 1. Temperatura y Salinidad del Agua Marina (sintética) de la Sala de Bioensayos.



## Resultados Zootecnicos en *Litopenaeus vannamei*

En las tablas 8 y 9 se presenta un resumen del análisis bifactorial y ANOVA de una vía de los resultados zootecnicos durante 29 días que duro el bioensayo de crecimiento y 21 días del bioensayo de digestibilidad.

**Tabla 8.** Análisis bifactorial de los parámetros zootecnicos.

P. E. B.	Relación Proteína V/A			Relación de Proteína/Energía (mg de Proteína/Kca EB)				Interacción	
	2:1	1:2	Prob.	50	60	70	80	Prob.	Prob.
P. INC.	.130	.130	.025	.130	.130	.130	.130	.731	.249
P. 15	.350	.40	.000	.320 a	.390 b	.380 b	.410 b	.000	.191
P. 29	.610	.800	.000	.540 a	.760 bc	.690 b	.830 c	.000	.416
PG 15	.220	.270	.000	.190 a	.260 b	.250 b	.280 b	.000	.171
PG 29	.480	.670	.000	.410 a	.630 bc	.560 b	.700 c	.000	.402
CA 15	.350	.370	.000	.350 a	.360 ac	.360 ac	.380 c	.003	.011
CA 29	.830	.950	.000	.790 a	.920 b	.880 ab	.950 b	.001	.321
CA <sub>BS</sub> 15	.319	.349	.000	.324 a	.335 ab	.333 ab	.347 b	.013	.011
CA <sub>BS</sub> 29	.782	.909	.000	.761 a	.880 b	.843 b	.898 b	.001	.431
TC 15	168.59	206.71	.000	144.350 a	197.100 a	192.560 a	216.580 b	.000	.137
TC 29	369.940	511.330	.000	312.960 a	486.650 bc	427.750 b	535.190 c	.000	.364
TCA <sub>BS</sub> 15	1.498	1.381	.001	1.736 b	1.322 a	1.354 a	1.236 a	.000	.348
TCA <sub>BS</sub> 29	1.690	1.410	.004	1.890 b	1.440 a	1.540 a	1.34 a	.001	.933
TCA15	1.470	1.480	.889	1.480	1.470	1.450	1.500	.797	.424
TCA 29	1.790	1.470	.002	1.980 b	1.500 a	1.610 a	1.430 a	.001	.910
PER 15	2.270	2.560	.000	2.540 bc	2.690 c	2.300 ab	2.110 a	.000	.386
PER 29	2.040	2.420	.003	2.360 ab	2.550 b	2.010 a	2.010 a	.007	.591
S 15	95.500	97.750	.289	95.500	97.000	97.000	97.000	.941	.700
S 29	85.440	89.250	.471	95.500	83.130	89.250	81.500	.239	.996
B. INC.	1.040	1.040	.032	1.040	1.040	1.040	1.040	.770	.302
B. 15	2.680	3.080	.001	2.420 a	2.940 b	2.950 b	3.210b	.000	.666
B. 29	4.130	5.460	.001	4.030	4.840	5.020	5.300	.074	.532
DAPD	91.860	88.420	.000	89.250	90.31	90.490	90.510	.589	.913
DAMSD	73.310	74.415	.268	69.300 a	74.390 b	74.630 b	77.132 b	.000	.029
PMS	11.150	10.715	.619	10.450	9.910	11.060	12.310	.263	.442

Tabla 9. ANOVA de los resultados de los parámetros zootécnicos.

Evaluaciones Biológicas	Relación de Proteína Vegetal/Animal 2:1				Relación de Proteína Vegetal/Animal 1:2				Prob. Anova
	Dieta 1 50mgprot/Kcal	Dieta 2 60mgprot/Kcal	Dieta 3 70mgprot/Kcal	Dieta 4 80mgprot/Kcal	Dieta 5 50mgprot/Kcal	Dieta 6 60mgprot/Kcal	Dieta 7 70mgprot/Kcal	Dieta 8 80mgprot/Kcal	
P.Promedio(g) <sup>1</sup>	.129 ±.00 a	.129±.00 a	.130±.00 ab	.130±.00 a,b	.131±.00 b	.130±.00 a,b	.130±.00 a,b	.130±.00 a,b	.1744
P.Promedio(g) <sup>2</sup>	.296±.01 a	.359±.02 b	.344±.01 b	.395±.01 c	.341±.01 b	.413±.01 c,d	.417±.01 c,d	.437±.02 d	.0000
P.Promedio(g) <sup>3</sup>	.476±.03 a	.673±.10 b,c	.589±.05 b	.703±.10 b,c	.602±.04 b	.853±.46 d,e	.784±.03 c,d	.955±.11 e	.0000
P G (g) <sup>2</sup>	.166±.02 a	.229±.02 b	.213±.01 b	.265±.01 c	.209±.01 b	.283±.01 c,d	.287±.00 c,d	.299±.02 d	.0000
P G (g) <sup>3</sup>	.346±.03 a	.543±.10 b,c	.458±.05 b	.573±.10 b,c	.470±.031 b	.722±.04 d,e	.654±.03 c,d	.824±.11 e	.0000
T C (%) <sup>2</sup>	129±18 a	177±17 b	165±12 b	204±14 c	160±9 b	217±9 c,d	221±6 c,d	229±17 d	.0000
T C (%) <sup>3</sup>	268±30 a	419±80 b,c,d	353±38 b	440±76 c,d	358±25 b,c	554±36 e,f	503±21 d,e	630±87 f	.0000
C A BS (g) <sup>2</sup>	.295±.02 a	.326±.01 b,c	.319±.01 b	.339±.00 c,d	.353±.00 d	.344±.01 c,d	.347±.00 d	.355±.00 d	.0000
C A BS (g) <sup>3</sup>	.691±.07 a	.830±.02 b,c	.751±.05 a,b	.854±.05 c,d	.830±.03 b,c	.931±.14 d	.936±.01 d	.942±.01 d	.0000
C A (g) <sup>2</sup>	.321±.02 a	.354±.01 b,c	.346±.01 b	.374±.00 c,d	.376±.00 c,d	.365±.01 b,c,d	.373±.00 c,d	.382±.00 d	.0000
C A (g) <sup>3</sup>	.730±.07 a	.876±.02 b,c,d	.789±.05 a,b	.914±.05 c,d,e	.857±.03 b,c	.958±.15 c,d,e	.979±.01 d,e	.988±.01 e	.0001
TCA BS <sup>2</sup>	1.784±.24d 2.073±.41 d	1.426±.08 b,c	1.499±.14 c	1.285±.11 a,b	1.688±.11 d	1.218±.07 a	1.210±.03 a	1.187±.09 a	.0000
TCA BS <sup>3</sup>		1.574±.33 b,c	1.643±.09 b,c	1.527±.31 a,b,c	1.770±.14 c,d	1.297±.25 a,b	1.432±.07 a,b,c	1.158±.15 a	.0016
TCA <sup>2</sup>	1.945±.25 e	1.548±.09 c	1.625±.15 c,d	1.414±.11 a	1.795±.11 d,e	1.288±.06 a	1.299±.02 a	1.279±.09 a	.0000
TCA <sup>3</sup>	2.140±.44 d	1.661±.35 b,c	1.725±.08 b,c	1.634±.33 b,c	1.826±.15 c,d	1.335±.27 a,b	1.498±.07 a,b,c	1.215±.16 a	.0016
PER <sup>2</sup>	2.47±.32 b,c	2.47±.14 b,c	2.13±.11 a	2.01±.16 a	2.62±.17 c	2.92±.17 d	2.47±.05 b,c	2.21±.17 a,b	.0000
PER <sup>3</sup>	2.21±.43 a,b	2.29±.41 b,c,d	1.93±.01 a,b	1.73±.32 a	2.50±.20 c,d	2.80±.51 d	2.10±.10 a,b,c	2.29±.33 b,c,d	.0047
S (%) <sup>2</sup>	94±7	97±6	97±6	94±7	97±6	97±6	97±6	100±.00	.8746
S (%) <sup>3</sup>	94±7	81±7	88±10	78±12	97±6	84±16	91±12	84±31	.6459
Biomasa <sup>1</sup>	1.03±.03 a	1.04±.01 a,b	1.04±.01 b	1.04±.01 a,b	1.05±.01 b	1.04±.01 a,b	1.04±.00 a,b	1.05±.01 a,b	.2997
Biomasa <sup>2</sup>	2.024±.89 a	2.471±.15 b	2.348±.14 b	2.781±.13 c	2.292±.23 h	2.901±.11 c	2.911±.06 c	2.988±.17 c	.0000
Biomasa <sup>3</sup>	3.69±.39 a	4.35±.56 a,b	4.15±.81 a,b	4.36±.63 a,b	4.36±.59 a,b	5.33±1.10 b,c	5.89±.65 c	6.24±1.95 c	.0082
DAPD %	91.15±.90 a,b,c	91.61±.68 b,c	92.55±.54 c	90.89±1.3 b,c	87.35±1.4 a	88.75±1.8 a,b	88.44±3.2 a,b	89.13±2.3 a,b,c	.0190
DAMSD %	68.52±2.2 a	73.03±1.9 b,c	76.78±.20 c,d	74.90±2.2 a,b,c	70.07±1.8 a,b	75.74±2.0 c,d	72.48±3.9 a,b,c	79.36±3.0 d	.0017
PMS	9.63±1.74	10.60±1.71	12.11±2.26	12.24±1.41	11.26±2.64	9.20±2.22	10.00±1.91	12.38±2.52	.0000

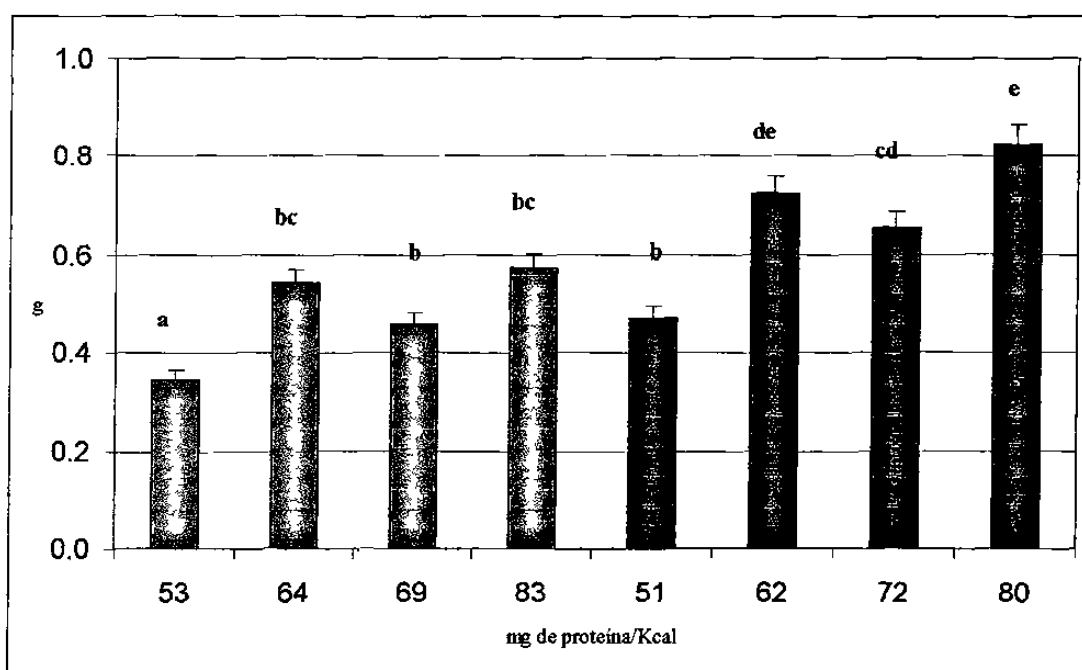
<sup>1</sup> = Bioensayo al inicio.  
<sup>2</sup> = Bioensayo a los 15 días.  
<sup>3</sup> = Bioensayo al final (29 días).

### Peso Ganado (PG).

El PG en *L. vannamei*, alimentado con los diferentes tratamientos a los 29 días, se muestra en la gráfica 2. De acuerdo con el análisis bifactorial, las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 2:1 presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P = 0.000$ ) con respecto a las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 1:2 con promedios de 0.480 y 0.670 g respectivamente. El factor relación proteína/energía de las dietas también se modificó significativamente ( $P=0.000$ ), el PG fue mayor a mayor relación proteína/energía. Con promedios de 0.410, 0.630, 0.560 y 0.700 g de PG. (tabla 8).

Considerando los tratamientos con la relación de proteína vegetal/animal 2:1 a los 29 días del bioensayo, el mayor de PG se obtuvo en las dietas dos, tres y cuatro (63.88, 69.33 y 82.59 mg de proteína/Kcal respectivamente) con 0.458, 0.543 y 0.573g respectivamente no teniendo diferencias significativas (Dunacan,  $\alpha = 0.05$ ); el menor PG se obtuvo en la dieta uno (52.81 mg de proteína/Kcal) con 0.347 g. En el caso de la relación de proteína vegetal/animal 1:2, la dieta con el mayor PG fue la ocho (79.56 mg de proteína/Kcal) con 0.824 g no presentando diferencias significativas, con la dieta seis (61.62 mg de proteína/Kcal) que fue de 0.722 g y el menor PG se obtuvo en la dieta cinco (51.15 mg de proteína/Kcal) con 0.470 g (tabla 9).

Gráfica 2. Peso ganado (PG) en *Litopenaeus vannamei* durante el bioensayo.



■ Relación Proteína Vegetal/Animal 2:1 ■ Relación Proteína Vegetal/Animal 1:2

### Tasa de Crecimiento (TC).

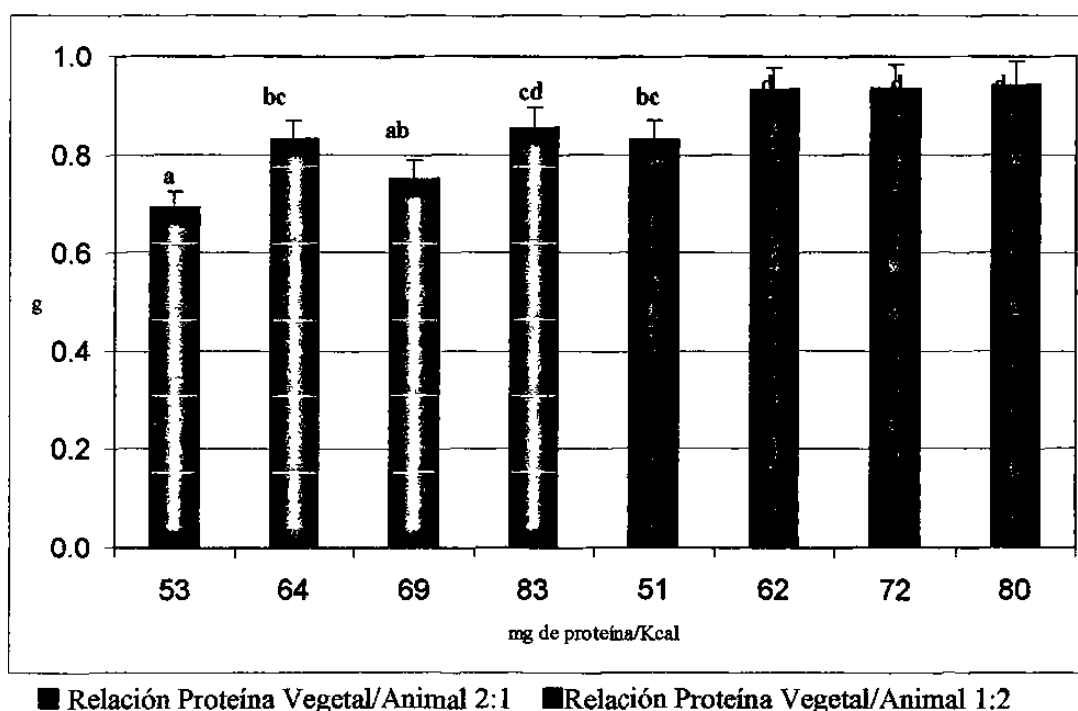
La TC es el peso inicial expresado en porcentaje, por lo cual *Litopenaeus vannamei* mostró la misma tendencia que el PG expresado en g, alimentados con los diferentes tratamientos durante los 29 días.

### Consumo de Alimento en Base Seca (CA).

El CA de *Litopenaeus vannamei* alimentado con los diferentes tratamientos a los 29 días se muestra en la gráfica 3. De acuerdo con el análisis bifactorial, las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 2:1 presentaron consumos inferiores ( $P= 0.000$ ) con respecto a las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 1:2 con promedios de 0.782 y 0.909 g respectivamente. El efecto de la relación proteína/energía en las dietas fue significativo con 0.761, 0.880, 0.843 y 0.898 respectivamente (tabla 8).

La dieta con el mayor CA de la relación de proteína vegetal/animal 2:1, en el ANOVA, a los 29 días del bioensayo fue la cuatro (82.59 mg de proteína/Kcal) con 0.854 g, no teniendo diferencias significativas (Duncan  $\alpha=0.05$ ) con las dietas dos y tres (63.88 y 69.33 mg de proteína/Kcal respectivamente) cuyos consumos fueron de 0.830 y 0.751 g respectivamente; el menor CA (0.691 g) fue para la dieta uno (52.81 mg de proteína/Kcal). En la relación de proteína vegetal/animal 1:2 fue en la dieta ocho (79.56 mg de proteína/Kcal) la de mayor consumo con 0.942 g, no teniendo diferencias significativas, con las dietas seis y siete (61.62 y 72.56 mg de proteína/Kcal respectivamente) cuyos consumos fueron de 0.931 y 0.936 g; el menor CA se obtuvo en la dieta cinco (51.15 mg de proteína/Kcal) con 0.830 g (tabla 9).

Gráfica 3. Consumo de alimento en base seca(CA) en *Litopenaeus vannamei* durante el bioensayo.

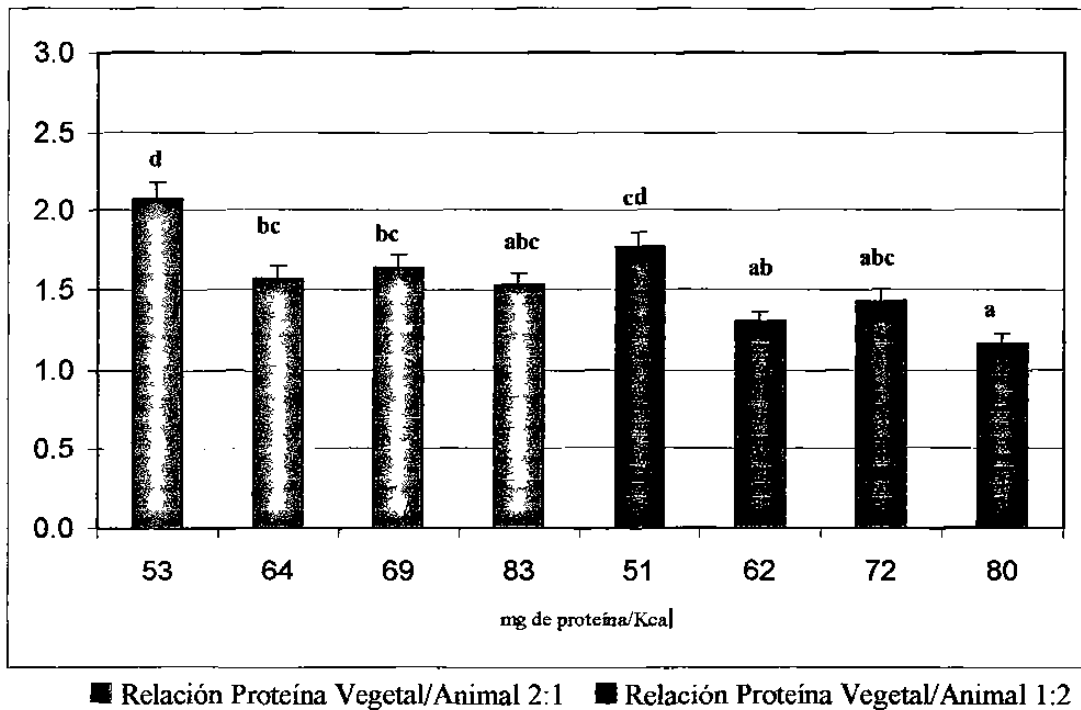


### Tasa de Conversión Alimenticia en Base Seca (TCA).

La TCA en *Litopenaeus vannamei* alimentados con los diferentes tratamientos a los 29 días se muestra en la gráfica 4. De acuerdo con el análisis bifactorial, las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 2:1 presentaron tasas de conversión más altas ( $P = 0.004$ ) con respecto a las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 1:2, con promedios de 1.690 y 1.410 respectivamente. El efecto de la relación teórica proteína/energía de las dietas fue ( $P = 0.001$ ), con promedios de 1.890, 1.440, 1.540 y 1.340 respectivamente de TCA (tabla 8).

Considerando las dietas, en el ANOVA, con la relación de proteína vegetal/animal 2:1 la dieta con la más baja TCA fue la dieta cuatro (82.59 mg de proteína/Kcal) con 1.527 no teniendo diferencias significativas (Duncan  $\alpha=0.05$ ) con las dietas dos y tres (63.88 y 69.33 mg de proteína/Kcal respectivamente) con 1.574 y 1.643 respectivamente; la más alta TCA fue para la dieta uno (52.81 mg de proteína/Kcal) con 2.073. Para las dietas con la relación proteína vegetal/animal 1:2, la menor TCA fue en la dieta ocho (79.56 mg de proteína/Kcal) con 1.158 no presentando diferencias significativas (Duncan  $\alpha = 0.05$ ), con las dietas seis y siete (61.62 y 72.36 mg de proteína/Kcal respectivamente) con 1.297 y 1.437 respectivamente; la más alta TCA fue en la dieta cinco (51.15 mg de proteína/Kcal) con 1.770 (tabla 9).

**Gráfica 4.** Tasa de conversión alimenticia en base seca (TCA) en *Litopenaeus vannamei* durante el bioensayo.

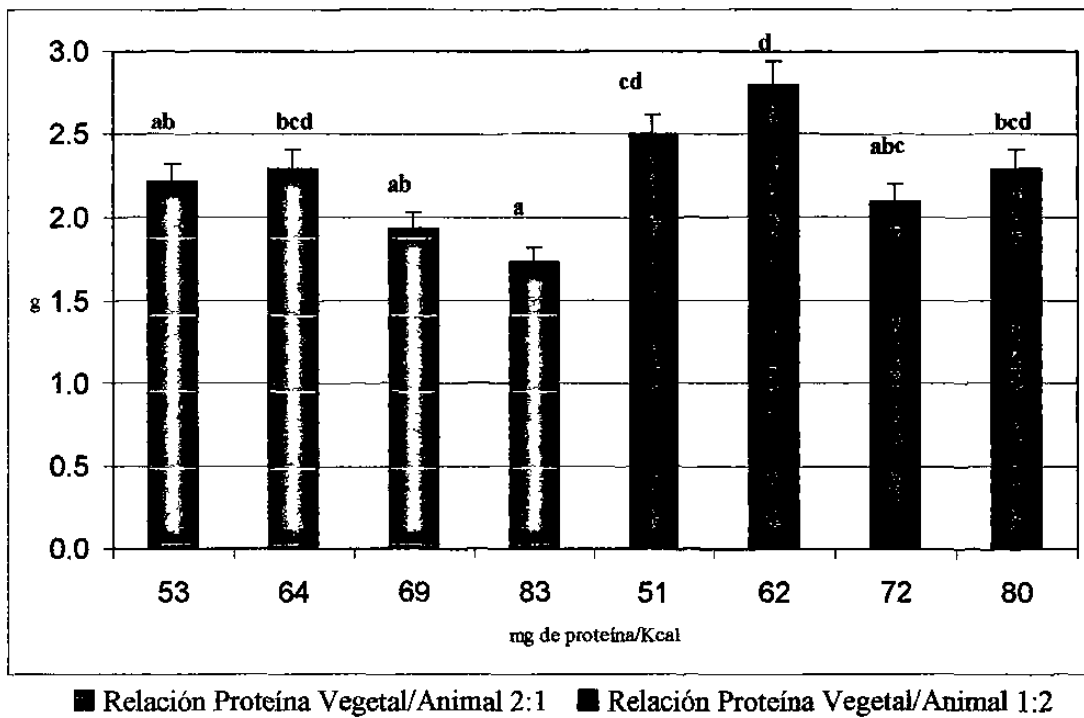


### Relación de Eficiencia Proteica (REP).

El PER obtenido en *Litopenaeus vannamei* alimentado con los diferentes tratamientos se muestra en la gráfica 5. De acuerdo con el análisis bifactorial, las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 2:1 presentaron una menor eficiencia proteica ( $P = 0.003$ ) con respecto a las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 1:2 con promedios de 2.040 y 2.420 respectivamente a los 29 días del bioensayo. El factor relación proteína/energía de las dietas provocó diferencias significativas ( $P = 0.007$ ), con promedios de 2.360, 2.550, 2.010 y 2.010 respectivamente (tabla 8).

Considerando las dietas con, el ANOVA, la relación de proteína vegetal/animal 2:1 la dieta con el mayor PER fue la dos (63.88 mg proteína/Kcal) con 2.290 no teniendo diferencias significativas (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) con las dietas uno y tres (52.81 y 69.33 mg de proteína/Kcal respectivamente) cuyo valores fueron 2.200 y 1.930 respectivamente; el menor PER fue en la dieta cuatro (82.59 mg de proteína/Kcal) con 1.720. Para la relación de proteína vegetal/animal 1:2 el mayor PER fue en la dieta seis (61.62 mg de proteína/Kcal) con 2.800, no presentando diferencias significativas (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) con las dietas cinco y ocho (51.15 y 79.56 mg de proteína/Kcal respectivamente) con 2.500 y 2.290 respectivamente; el menor PER se obtuvo en la dieta siete (72.36 mg de proteína/Kcal) con 2.100 (tabla 9).

Gráfica 5. Relación de eficiencia proteica (REP) en *Litopenaeus vannamei* durante el bioensayo.

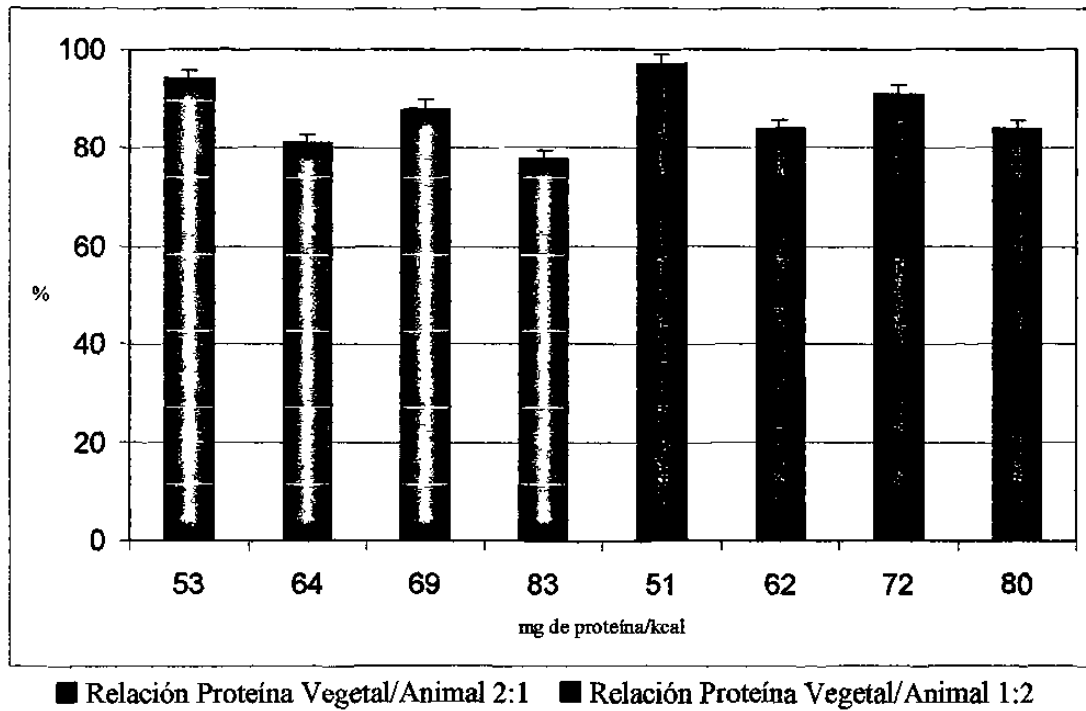


### Supervivencia (S).

La S de *Litopenaeus vannamei* con los diferentes tratamientos se muestra en la gráfica 6. De acuerdo con el análisis bifactorial, las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 2:1 no presentaron diferencias estadísticas significativas a los 29 días del bioensayo ( $P = 0.471$ ) con respecto a las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 1:2.

Ninguno de los dos factores afecto la supervivencia de manera significativa. La supervivencia para todos los tratamiento fue mayor del 78 %

Gráfica 6. Supervivencia (S) en *Litopenaeus vannamei* durante el bioensayo.



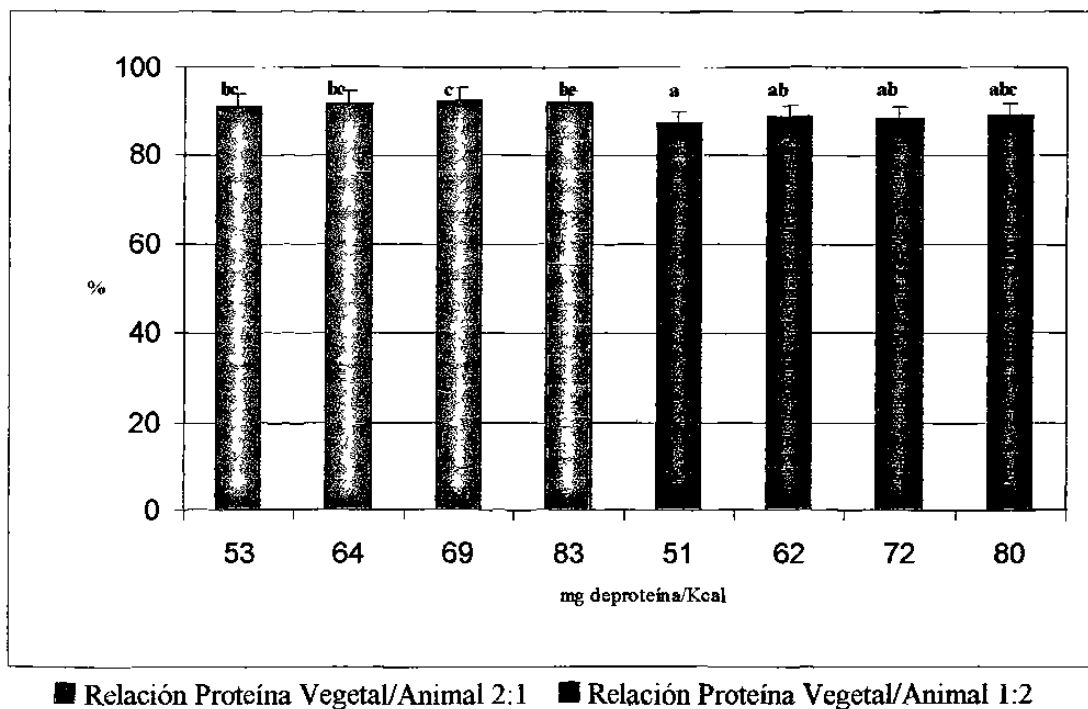


### Digestibilidad Aparente Proteica de las Dietas (DAPD).

La digestibilidad aparente proteica de los diferentes tratamientos se muestra en la gráfica 7. De acuerdo al análisis bifactorial, las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 2:1 presentaron una digestibilidad significativamente mayor ( $P= 0.000$ ) con respecto a las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 1:2 con promedios de 91.863 y 88.418% respectivamente. En contraste la relación teórica de proteína/energía de las dietas no genera diferencias significativas ( $P= 0.589$ ), con promedios de 89.250, 90.310, 90.490 y 90.510% respectivamente (tabla 8).

Considerando las dietas con, el ANOVA, la relación de proteína vegetal/animal 1:2, la dieta con la mas alta DAPD fue la dieta tres (69.33 mg de proteína/Kcal) con 92.547% no teniendo diferencias significativas (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) con las otras dietas. Dentro de las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 1:2, la DAPD mas alta fue en la dieta ocho (79.56 mg de proteína/Kcal) con 89.130%; no teniendo diferencias significativas con las otras dietas (Duncan  $\alpha= 0.05$ , tabla 9).

Gráfica 7. Digestibilidad aparente proteica de las dietas (DAPD) en *Litopenaeus vannamei* durante el bioensayo.

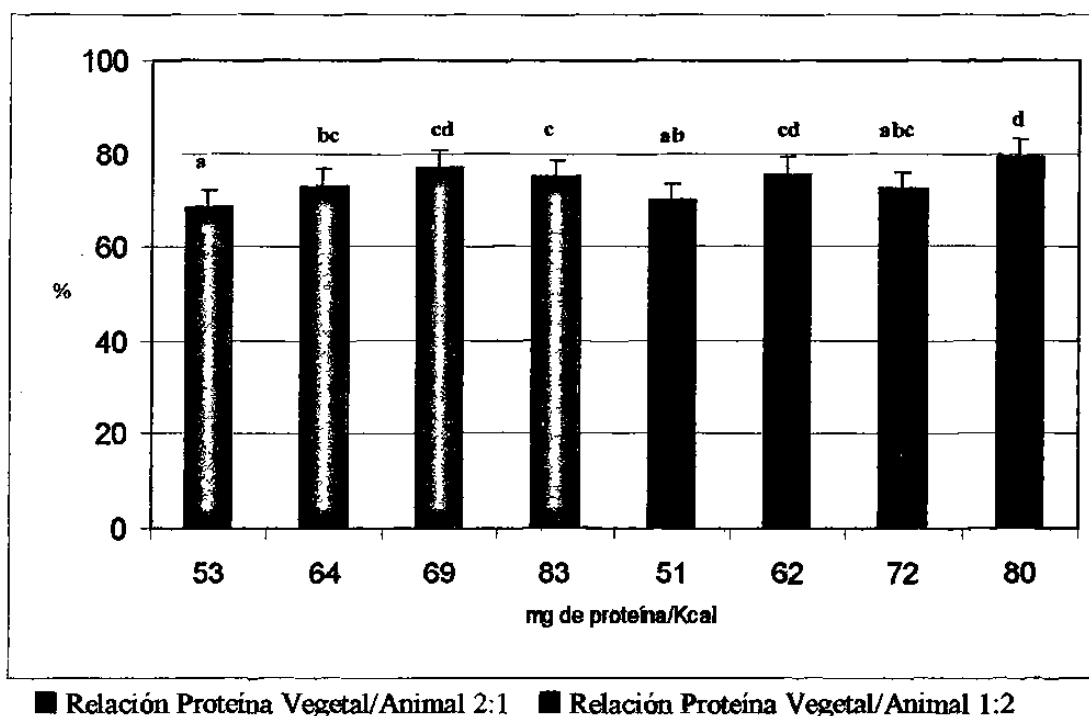


### Digestibilidad Aparente de Materia Seca de las Dietas (DAMSD).

La DAMSD de los diferentes tratamientos se muestra en la gráfica 8. De acuerdo con el análisis bifactorial, las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 2:1 presentaron una DAMS significativamente menor ( $P = 0.000$ ) con respecto a las dietas con una relación de proteína vegetal/animal 1:2 con promedios de 73.31 y 74.42% respectivamente. Con la relación teórica de proteína/energía de las dietas no se presentaron diferencias significativas ( $P = 0.268$ ), con promedios de 69.30, 74.39, 74.63 y 77.13% respectivamente (tabla 8).

Considerando las dietas con relación de proteína vegetal/animal 2:1, la dieta con mas alta DAMS fue la tres (69.33 mg de proteína/Kcal) con 76.78% de digestibilidad no presentando diferencias significativas (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) con las dietas dos (63.88 mg de proteína/Kcal) y cuatro (82.59 mg de proteína/Kcal) con 73.03 y 74.90% de digestibilidad respectivamente; la menor DAMSD fue en la dieta uno (52.81 mg de proteína/Kcal) con 68.52% de digestibilidad. En la relación proteica vegetal/animal 1:2 la mas alta DAMSD fue en la dieta ocho (79.56 mg de proteína/Kcal) con 79.36% de digestibilidad no presentando diferencias significativas (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) con la dieta seis (61.62 mg de proteína/Kcal) con 75.74% de digestibilidad; y el menor porcentaje fue en la dieta cinco (51.15 mg de proteína/Kcal) con 70.07% de digestibilidad (tabla 9).

**Gráfica 8.** Digestibilidad aparente de materia seca de las dietas (DAMSD) en *Litopenaeus vannamei* durante el bioensayo.



## DISCUSIONES

### Estudios de Nivel Óptimo Proteína

El nivel de inclusión de proteína óptimo con la que se obtuvo un buen crecimiento en el presente estudio, es del 25% que corresponde a la dieta seis (61.62 mg de proteína/Kcal) para la relación vegetal/animal 1:2; mostrando diferencias con lo reportado por Lawrence *et al.* (1986), Tacon (1989), Akiyama *et al.* (1993), Leyva *et al.* (1993) para la misma especie *Litopenaeus vannamei* y reduciendo la inclusión de un tres a un 10%, con respecto a los trabajos anteriormente mencionados. Esta reducción es considerable, tomando en cuenta que la proteína se utiliza como fuente de energía; reduciendo con esto la cantidad de nitrógeno que se libera al agua en forma de amonio, así como el costo de los alimentos (Velasco *et al.*, 1996).

Las diferencias encontradas en otros estudios previamente realizados pueden ser debidas al origen (vegetal o animal), calidad, proceso y digestibilidad de los ingredientes; las condiciones en que se llevaron a cabo los bioensayos y la talla de la especie utilizada.

Con esto podemos decir que el nivel óptimo de proteína para *Litopenaeus vannamei* con estas dietas e ingrediente está por debajo de lo que en anteriores trabajos se ha citado.

### Relación Proteína/Energía

Los niveles óptimos de proteína/energía se ven influenciados por la cantidad de energía dietaria y la forma en que son suplementados los nutrientes (lípidos y carbohidratos) (D'abramo *et al.*, 1994).

La relación de proteína/energía, que se determinó como óptima es de 61.62 mg de proteína/Kcal (dieta seis) para la relación proteína vegetal/animal 1:2 siendo similar a lo citado por Cousin *et al.* (1993), 59 mg de proteína/Kcal. Aranyakananda y Lawrence (1994) reportaron 80 mg de proteína/Kcal, mayor a lo que se encontró en este estudio .

Se han realizado estudios de proteína/energía en otras especies como *Litopenaeus stylirostris* (especie carnívora) donde Rodríguez-Marín (1984) y Baillet *et al.* (1997) reportaron 70 mg de proteína/Kcal y 81 mg de proteína/Kcal respectivamente; Shiau y Chou (1991), para *Penaeus monodon*, registraron 106 mg de proteína/Kcal y 125 mg de proteína/Kcal, valores más alto al que se obtuvo en el presente estudio.

La relación proteína/energía determinada como óptima, con valor por debajo de trabajos anteriores, cumple con los requerimientos de proteína así como de energía.

### Digestibilidad Aparente de las Dietas

La digestibilidad aparente proteica de las dietas presenta resultados similares a los reportados por Nieto (1995) y Domínguez (1995), similares a los de Cruz-Suárez *et al.* (1998), para la especie *Litopenaeus stylirostris* (SS). Del mismo modo, pero con la especie silvestre de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Coelho, 1984).

El contenido de proteína según su origen, provocó diferencia en la digestibilidad aparente proteica y en la digestibilidad aparente de materia seca para las dietas. Más sin embargo la relación de proteína/energía no provocó diferencias.

## **Composición de las Dietas**

La composición de las dietas formuladas teóricamente es diferente a la composición final. En la composición inicial la celulosa de mantuvo constante en un 5% y al final se decidió que variara para disminuir el almidón de trigo, esto con el fin de disminuir la energía. La dieta cuatro para la relación proteína vegetal/animal 2:1 y la dieta ocho para la relación proteína vegetal/animal 1:2, no requirieron de almidón de trigo y celulosa por que las formulas estaban completas.

La tierra de diatomeas se adiciono en un 1% en las dietas, para la relación proteína vegetal/animal 2:1, para que aumentara la ceniza y bajara la fibra, ya que presentaban un alto contenido de fuentes de proteína de origen vegetal.

## **Análisis Bromatológico de las Dietas**

Los resultados que se obtuvieron de los análisis bromatológicos de las dietas experimentales realizados en el laboratorio (tabla 5), específicamente la proteína presento valores similares a los obtenidos por el software computacional MIXIT+2, excediéndose solamente en algunas dietas con el 1%; encontrándose por abajo del nivel recomendado por Tacon (1989) y Akiyama *et al.* (1993).

Los lípidos presentaron variaciones en todas las dietas de acuerdo a los análisis bromatológicos. Se esperaba una inclusión constante del 10%, para mantener isolipídicas las dietas en ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2, porcentaje que si se logro obtener en el software computacional MIXIT+2. Sin embargo de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis bromatológico, los lípidos se exceden con respecto al reportado por Tacon (1989) y Akiyama *et al.* (1993). La dieta tres (70 mg de proteína/Kcal) para la relación proteína vegetal/animal 2:1, es la única que cae dentro del rango. Con estos excesos de lípidos, el consumo alimenticio y la sobrevivencia (Gráficas 2, 8 y tabla 8) no presentaron efectos negativos.

Los carbohidratos, de igual forma, presentaron variaciones de acuerdo al análisis bromatológico con respecto a lo obtenido en el software computacional MIXIT+2 (tabla 5).

La fibra de algunas de las dietas se excedió de lo recomendado por Tacon (1989) y Akiyama *et al.* (1993); sin embargo otras dietas se presentaron dentro del rango recomendado.

La ceniza, presento resultados similares a los del software computacional MIXIT+2, siendo inferiores al porcentaje que propone Tacon (1989) de 15% y Akiyama *et al.* (1993) de 15 a 18%.

La humedad que se determino presentó resultados más altos a los que se obtuvieron en el software computacional MIXIT+2 (tabla 5). Sin embargo la humedad es aceptable, ya que no se excedió del 10% que se recomienda.

## **Lixiviación o DMS de la Dietas**

La lixiviación o DMS que se obtuvo para las dietas de la relación proteína vegetal/animal 2:1 y la proteína vegetal/animal 1:2 presentaron un promedio de pérdida de materia seca alto de acuerdo a lo reportado por Romero-Alvarez, (1995) para dietas comerciales. Sin embargo, se considera que un 10% de pérdida de materia seca del alimento es bueno para dietas con un molino para carne (comunicación verbal, Cruz-Suárez 2000).

## Parámetros Físico-químicos

Los resultados de los parámetros físico-químicos que se presentaron (Gráfica 1 y tabla 7), se encuentran dentro de los rangos establecidos para la especie *Litopenaeus vannamei* citados por Flores-Nava (1994), a excepción de la temperatura que estuvo por encima del valor máximo reportado para la especie.

## Evaluación Biológica del Bioensayo

### *Peso Ganado*

El peso ganado, presento diferencias para las dietas de ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2; esto puede ser debido a que las dietas con mayor contenido de proteína de origen animal presentan un perfil de aminoácidos más ideal que el de las de un mayor contenido de proteína de origen vegetal. Así como la relación de proteína/energía teórica 50, 60, 70 y 80 mg de proteína/Kcal tuvo diferencias ya que la suplementación de energía fue diferente, reflejándose en el peso ganado.

Los pesos ganados al finalizar el experimento fueron diferentes según el contenido y origen de proteína. El peso ganado con la dieta de mayor contenido proteico con una relación proteína de origen vegetal/animal 2:1 es comparable con el peso ganado de la dieta con menor contenido proteico con una relación proteína de origen vegetal/animal 1:2. Interpretando con esto que aun alcanzando la misma relación proteína/energía en las dietas es importante el origen de la misma y no solo la energía proporcionada, sino debe haber una interacción ideal, para tener una suplementación adecuada con los demás ingredientes de la formulación.

De acuerdo con los resultados obtenidos se considero que la dieta seis (61.62 mg de proteína/Kcal), con un peso ganado de 0.722 g, es el optimo para la especie en este estudio, ya que no tuvo diferencias con las dietas siete (72.36 mg de proteína/Kcal ) y ocho (79.56 mg de proteína/Kcal) para la relación proteína vegetal/animal 1:2.

### *Tasa de Crecimiento*

El crecimiento presentó diferencias significativas para las dietas de ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2. Estas diferencias se deben al perfil de aminoácidos presentados en las dos relaciones de proteína vegetal/animal. La relación proteína vegetal/animal 1:2 contiene cantidad de proteínas (origen animal) que son más disponibles o parecidos a los del camarón equilibrado y en cambio la relación proteína vegetal/animal 2:1 contiene mayor cantidad de proteínas de origen vegetal, que carecen de algunos aminoácidos esenciales (Potter, 1973) y poseen factores antinutricionales (Badui, 1986). Así como la relación de proteína/energía teórica 50, 60, 70 y 80 mg de proteína/Kcal tuvo diferencias ya que la suplementación de energía fue diferente, reflejándose en la TC.

Los mejores resultados se presentaron para la relación proteína vegetal/animal 1:2, mostrando que la dieta con mayor contenido proteico con una relación de proteína vegetal/animal 2:1 alcanzo el mayor crecimiento similar a la dieta con menor contenido de proteína de la relación de proteína vegetal/animal. Con los resultados obtenidos se considero que la dieta seis con una inclusión de proteína de 25% (61.62 mg de proteína/Kcal), con un crecimiento de 554%, es la optima para la especie en este estudio, ya que no tuvo diferencias con la dieta ocho (79.54 mg de proteína/Kcal) que tuvo 630% de crecimiento para la relación proteína vegetal/animal 1:2.

Sin embargo Cousin *et al.* (1993) y Molina-Poveda (1998) en *Litopenaeus vannamei*, presentaron valores superiores a los obtenidos en este estudio de 289 y 400% respectivamente con un nivel de proteína de 35% (80 mg de proteína/Kcal) y 20% (59 mg de proteína/Kcal); de igual manera, Shiau y Chou (1991) con *Penaeus monodon*, encontraron 378 y 382%, para un nivel proteico de 36% (106 mg de proteína/Kcal) y 40% (125 mg de proteína/Kcal) y Gaxiola *et al.* (1996), con *Litopenaeus schmitti*, registro los mejores crecimientos para las dietas con una relación de proteína vegetal /animal de 0.6:1y 1.2:1 con 359 y 375%, para un nivel de proteína de 38% (98 mg de proteína/Kcal) y 40% (82 mg de proteína/Kcal) respectivamente.

### *Consumo Alimenticio*

El consumo alimenticio, fue diferente para las dietas de ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2, ya que tuvo diferencias significativas observándose que el consumo de alimento se ve afectado con un mayor o menor contenido de proteína de origen vegetal o animal. El nivel de proteína/energía igualmente tuvo un efecto sobre el consumo de alimento, ya que fue diferente. El mayor consumo se encontró en la dieta con 38.24% de inclusión de proteína (79.56 mg de proteína/Kcal) con una relación de proteína de origen vegetal/animal 1:2, siendo esta más palatable y atractante para le especie.

### *Tasa de Conversión Alimenticia*

La tasa de conversión alimenticia presento diferencias significativas para las dietas de ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2. También el nivel de proteína/energía tiene un efecto en la tasa de conversión alimenticia, observándose que las dietas con relación proteína vegetal/animal 1:2 que presentan un mayor contenido de proteína animal mejora la tasa de conversión alimenticia; no así para las dietas de la relación proteína vegetal/animal 2:1 que presentan mayor contenido de proteína de origen vegetal. Con los resultados obtenidos se considero que la dieta seis (61.62 mg de proteína/Kcal), con una tasa de conversión alimenticia de 1.29, es considerada la optima para la especie en este estudio, ya que no tuvo diferencias con las dietas siete (72.36 mg de proteína/Kcal) y ocho (79.56 mg de proteína/Kcal) que tuvieron 1.43 y 1.58 respectivamente para la relación proteína vegetal/animal 1:2.

Específicamente, para la especie *Penaeus vannamei*, Cousin *et al.* (1993) encontró una tasa de conversión alimenticia de 2.22 en una dieta con 26% ( 83 mg de proteína/Kcal) y para *Penaeus monodon*, Shiau y Chou (1991) registraron 2.30 en una dieta con 36% (106 mg de proteína/Kcal) y 2.4 en una dieta con 40% (125 80 mg de proteína/Kcal).

### *Relación de Eficiencia Proteica*

La relación de eficiencia proteica presento diferencias significativas para las dietas de ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2. También el nivel de proteína/energía tiene un efecto en la relación de eficiencia proteica, debido a que las dietas de la relación proteína vegetal/animal 1:2 presentan un perfil de aminoácidos más ideal y disponible para la especie, y que las dietas con relación proteína vegetal/animal 2:1, que poseen un mayor contenido de proteína de origen vegetal, presentan algunas deficiencias de aminoácidos esenciales (Potter, 1973) y factores antinutricionales (Badui, 1986) que las hace menos disponibles y por lo tanto disminuye su eficiencia proteica. La dieta seis (61.62 mg de proteína/Kcal) con 2.80 para la relación proteína vegetal/animal 1:2, es considerada la optima para la especie en este estudio.

Con estos resultados, se corrobora que la relación de eficiencia proteica decrece a medida que aumenta el contenido o nivel de inclusión de proteína dietaria, tal y como lo mencionan Cousin *et al.* (1993) y Molina-Poveda (1998) para *Litopenaeus vannamei*; Baillet *et al.* (1997) para *Litopenaeus stylirostris* y Shiau y Chou (1991) para *Penaeus monodon*.

### *Digestibilidad Aparente Proteica de las Dietas*

La digestibilidad aparente proteica de las dietas, presentó diferencias significativas en cuanto a la relación de proteína vegetal/animal ( $P=0.000$ ), sin embargo, para el nivel proteína/energía no hay un efecto ( $P=0.589$ ). Los mejores resultados de digestibilidad proteica de las dietas se presentaron en la relación proteína vegetal/animal 2:1, confirmando que las dietas con mayor proporción de proteínas de origen vegetal son más digestibles (Akiyama *et al.*, 1993).

### *Digestibilidad Aparente de Materia Seca de las Dietas*

La digestibilidad de materia seca de las dietas no presentó diferencias significativas en cuanto a la relación proteína vegetal/animal ( $P=0.268$ ) sin embargo el nivel de proteína/energía si presentó un efecto significativo ( $P=0.000$ ). La digestibilidad aparente de materia seca aumenta a medida que aumenta el nivel de proteína en la dieta. Esto parece congruente con el hecho de que la proteína sea el nutriente más digestible especialmente con respecto a los carbohidratos.

### *Supervivencia*

La supervivencia de los camarones fue superior al 81%. No presentó diferencias significativas para ninguna de las dietas, de ambas relaciones de proteína vegetal/animal 2:1 y 1:2, así como el nivel de proteína/energía. Considerándose buena, ya que además no tuvo un efecto negativo sobre la evaluación biológica: tasa de crecimiento (TC), tasa de conversión alimenticia (TCA), relación de eficiencia proteica (REP), digestibilidad aparente proteica de las dietas (DAPD) y digestibilidad aparente de materia seca de las dietas (DAMSD).

## CONCLUSIONES

La relación óptima de proteína/energía se determinó en 61.6 mg de proteína/Kcal, para ambas relaciones de proteína vegetal/animal, debido a que se alcanza el máximo crecimiento a partir de este valor. Con valores más altos (72.4 y 79.6 mg de proteína/Kcal), se observa una disminución significativa de la eficiencia proteica.

Aunque se observó una mayor digestibilidad aparente proteica de las dietas con proteína vegetal/animal 2:1, el crecimiento fue menor, probablemente en razón del menor consumo y palatabilidad de estas dietas, así como un perfil de aminoácidos más alejado del perfil ideal para el camarón.



## LITERATURA CITADA

- Ackerfors, H.; J. D. Castell; L. D. Boston, P. Raty and M. Svensson.** 1992. Standard experimental diets for crustacean nutrition research. II. Growth and survival of juvenile crayfish *Astacus astacus* (Linné) fed diets containing various amounts of protein, carbohydrate and lipid.
- Akiyama, D. M., Dominy W. G. and A. L. Lawrence.** 1991. Penaeid Shrimp Nutrition for the commercial feed industry: Revised In: Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, D. M. Akiyama and Ranie K. H. Tan (Ed), September 19 - 25. 1991. American Soybean Association. pp 80 - 98.
- Akiyama, D. M.; Dominy, W. G. y Lawrence, A. L.** 1993. Nutrición de camarones peneidos para la industria de alimentos comerciales. En: L. Elizabeth Cruz-Suárez, Denis Ricque Marie y Roberto Mendoza Alfaro (Eds). Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura, 1993. Pp 43 - 79.
- A.O.A.C.** 1990. Oficial Methods Analysis. 12<sup>th</sup>. Ed Association of Official Analytical Chemist. Elliam Horritz Ed. Washington, D.C.
- Aranyakananda, P. y Addison L. Lawrence.** 1994. Efectos de Ingestión Sobre los Requerimientos Alimenticios en Proteína y Energía y la Relación Óptima proteína-Energía para *Penaeus vannamei*. En Mendoza, Cruz-Suárez y Ricque (Eds). Memorias del Segundo Congreso Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 7 de Noviembre de 1994. Monterrey, N.L., México. pp 157 - 170.
- Badui, D. S.** 1986. Química de los alimentos. Editorial Alhambra Mexicana S.A. de C.V. 430 pp.
- Baillet, C.; Cuzon, G.; Cousin, M. y Kerleguer, C.** 1997. Effect of dietary protein levels on growth of *Penaeus stylirostris* juveniles. *Aquaculture Nutrition* 3; 49 -53.
- Clifford H.** 1998. Henry Clifford on Super Shrimp. In: Rosenberry B. World Shrimp Farming 1998, Number 11. Published Annually Shrimp News international. pp. 218-219.
- Coelho, S. R.** 1984. Effects of environmental salinity and dietary protein levels on digestibility in four species of penaeid shrimp. Thesis Master of Science to the Texas A&M University. 66 pp.
- Colvin, L.B. and C.W. Brand.** 1977. The protein requirement of penaeid shrimp at various life cycle stages in controlled environment systems. Proc. of the World Mariculture Society 8: 821-840.
- Cousin, M., G. Cuzon, E. Blanchet, F. Ruelle y Aquacop.** 1993. Protein requirements following and optimum dietary energy to protein ratio for *Penaeus vannamei* juveniles. Pages 599-606 in: S.J. Kaushik and P. Luquet, editors Fish nutrition in practice (France), June 24-27, 1991. INRA, Paris, France.
- Cruz-Suárez, L. E.** 1988. "Necesidades Nutricionales de Crustáceos. Proteínas y Aminoácidos". Memorias del Seminario Nacional de Nutrición y Alimentación Acuícola. F.C.B. de la U.A.N.L. Monterrey, N.L. Méx. pp: 15 - 37.

- Cruz-Suárez, L. E.** 1996. Digestión en Camarón con Formulación y Fabricación de Alimentos Balanceados. En: L. Elizabeth Cruz-Suárez, Denis Ricque Marie y Roberto Mendoza Alfaro, (Eds). Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 11 al 13 de Noviembre de 1996. Monterrey, N.L., México. pp 207 - 232.
- Cuzon, G. and J. Guillaume.** 1997. Energy and protein: energy ratio. Eds. Louis R. D'Abramo, D.E. Conklin y D.M. Akiyama. In: Crustacean nutrition, Advances in World Aquaculture, vol. 6. pp. 51-70
- D'Abramo, D.L. y Shyn-Shin Sheen.** 1994. Requerimientos nutricionales, formulación de dietas y prácticas alimenticios para el cultivo intensivo del langostino de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. En Mendoza, Cruz-Suárez y Ricque (Eds). Memorias del Segundo Congreso Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 7 de Noviembre de 1994. Monterrey, N.L., México. pp 81 - 102.
- Dominguez-Jimenez, V. P.** 1995. Valor nutricional de la Lecitina de Soya en el Camarón *Penaeus vannamei*. Tesis Inedita de la Facultad de Ciencias Biológicas, U. A. N. L. 98 pp.
- Flores-Nava, A.** 1994. Desarrollo Científico y Tecnológico del cultivo de camarón blanco del Golfo d *Penaeus setiferus* en estanques circulares. Secretaria de Pesca. 45 pp.
- Fox, C., J. Brown y M. Briggs.** 1994. The nutrition of prawns and shrimp in aquaculture. Eds. James F. Muir and Ronald J. Roberts in: Recents Advances in Aquaculture V. pp. 131-205.
- Guillaume, J.** 1997. Protein and aminoacids. Eds. Louis R. D'Abramo, D.E. Conklin y D.M. Akiyama. In: Crustacean nutrition, Advances in World Aquaculture, vol. 6. pp.26-50.
- Gauquelin, F.** 1996. Effets du taux de proteine alimentaire sur la croissance, la consommation d'oxygène et l'excrétion ammoniacale de la crevette *Penaeus stylirostris*. Université de corse, Maitrise de Sciences et Techniques Valorisation des Ressources Naturelles, Mémoire de stage.
- Molina-Poveda, C.** 1998. Disminución de la proteína en el alimento del camarón como una estrategia para reducir el impacto ambiental. En: Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 15 de Noviembre de 1998, la Paz, B. C. S., México.
- Nieto-Lopez, M. G.** 1995. Efecto de las Diferencias en el Procesamiento de las Harinas de Pescado y la Toxicidad de las mismas, Sobre la Digestibilidad aparente en el camarón Blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei* Boone), en Condiciones de Laboratorio. Tesis Inedita de la Facultad de Ciencias Biológicas, U. A. N. L. 99 pp.
- Potter, N. N.** 1978. La ciencia de los alimentos. Editorial Harla, México D. F. 749 pp.
- Rodríguez-Marín, M.F.** 1984. El cultivo del camarón azul *Penaeus stylirostris* Stimpson. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. 126 pp
- Rodríguez-Marín, M F.** 1993. Requerimientos Energéticos de Peces y Crustáceos. En: L. Elizabeth Cruz-Suárez y Ricque Marie y Roberto Mendoza (Eds). Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura, 1993.

- Romero-Alvarez, M. R.** 1995. Efecto de la Temperatura, Salinidad y Tiempo de Inmersión Sobre la Estabilidad de Tres Alimentos Peletizados de Camarón. Tesis Inédita de la Facultad de Ciencias Biológicas, U. A. N. L. 59 pp.
- Rosas, C., A. Sánchez, E. Díaz, L.A. Soto, G. Gaxiola, R. Brito, M. Baes, y R. Pedroza.** 1995. Oxygen consumption and ammonia excretion of *Penaeus setiferus*, *P. schmitti*, *P. duorarum* and *P. notialis* postlarvae fed purified test diets: effect of protein level on substrate metabolism. *Aquat. living Resour.*, 8, 161-169
- Rosenberry, B.** 1998. World shrimp farming. Published Annually shrimp news international No. 11. 328pp.
- Shiau S.-Y. And Peng C.-Y.** 1992. Utilization of different carbohydrates at different dietary protein levels in grass prawn, *Penaeus monodon*, reared in seawater, *Aquaculture*, 101: 241 – 250.
- Sedgwick R.W.,** 1979. Influence of dietary protein and energy on growth, food consumption and food conversion efficiency in *Penaeus merguensis* de Man. *Aquaculture*, 16:7-30
- Tacon, A. G. J.** 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. A training manual 2: Nutrient sources and composition. FAO pp 106 - 109.
- Tecator.** 1983. Fat extraction on feeds with Soxtec System H. T. Application Note An 67/87. In: manual Tecator Soxtec System HT2. 4 p.
- Tecator.** 1987. Determination of Kjeldahl nitrogen content with Kjeltex System 1026. Application Note AN 80/87. In: Tecator Kjeltex System 1026 Distilling Unit. 9 p.
- Velasco, M; Lawrence, A. L. y Neill, W. H.** 1996. Efectos de la proteína y el fósforo dietario en la calidad de agua de acuicultura. En: L. Elizabeth Cruz-Suárez, Denis Ricque Marie y Roberto Mendoza Alfaro, (Eds). *Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 11 al 13 de Noviembre de 1996. Monterrey, N.L., México. pp 597 - 611.

