

## EFFECTOS DE LA PROTEINA Y EL FOSFORO DIETARIO EN LA CALIDAD DE AGUA DE ACUACULTURA

*Mario Velasco,<sup>1\*</sup> Addison L. Lawrence<sup>1</sup> y William H. Neill<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Texas Agricultura Experiment Station, Texas A&M University System, Shrimp Mariculture Research, 1300 Port St., Port Aransas, TX 78373, USA

<sup>2</sup> Department of Wildlife and Fisheries Sciences,

Texas A&M University System, College Station, TX 77843, USA.

Correspondencia al autor: Tel. (512) 749 4625 Ext. 237, Fax. (512) 749 5756.

E-mail. [Mariovelas@aol.com](mailto:Mariovelas@aol.com)

Traducción: L. Elizabeth Cruz S.

### RESUMEN

Se realizaron bioensayos en agua estática para comparar los efectos de 1) la proteína dietaria y 2) el fósforo dietario sobre la acumulación de los nutrientes no asimilados en el agua de cultivo de poslarvas de *Penaeus vannamei*. Se evaluaron alimentos con 4 niveles de proteína dietaria (10, 18, 25 y 33%) y alimentos con 3 niveles de fósforo (0.4, 0.8 y 1.2%) con fosfato de sodio monobásico (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) como fuente inorgánica de fósforo. La acumulación de Nitrógeno inorgánico disuelto total (NIT) incrementó significativamente con el incremento en el nivel de proteína. El balance de masa de Nitrógeno constituyó el 87% de Nitrógeno que había entrado al medio de cultivo. La asimilación promedio de Nitrógeno en biomasa de camarón fue de 85, 71, 48 y 37% para los alimentos conteniendo 10, 18, 25 y 33% de proteína, respectivamente. La acumulación de fósforo reactivo disuelto (PRD) en el agua se incrementó significativamente con el incremento de los niveles del fósforo dietario. El balance de masa de Fósforo constituyó en promedio el 90% de Fósforo que había entrado al medio de cultivo.

La asimilación de Fósforo promedio en biomasa de camarón fue de 65, 42 y 28% para alimentos conteniendo 0.4, 0.8 y 1.2% del fósforo respectivamente.

Palabras claves: Proteína, Fósforo, Calidad del agua e Impacto ambiental.

### INTRODUCCION

La proteína es el principal nutriente requerido para el crecimiento y uno de los componentes más caros en los alimentos balanceados. También, los camarones pueden utilizar fácilmente la

proteína como una fuente de energía. Sin embargo, esto no es económicamente eficiente ni tampoco adecuado ambientalmente (Lawrence, 1996). De ahí que, el contenido de proteína del alimento debe ser mínimo por 2 razones: 1) para evitar el uso de la proteína como fuente de energía y asimismo reducir la cantidad de Nitrógeno liberada al agua en forma de amonio, y 2) para reducir el costo del alimento. En los camarones el fósforo se encuentra principalmente asociado al Calcio en el exoesqueleto. También, es un componente de fosfolípidos y de compuestos de alto contenido energético como: el adenosin trifosfato (ATP), ácidos nucleicos (como el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN), coenzimas, intermediarios metabólicos, y tiene un papel importante como regulador de pH de los fluidos intra y extracelulares. Aunque los camarones son capaces de asimilar minerales directamente del agua (National Research Council, 1983) las concentraciones de fósforo son generalmente muy bajas en el agua (Boyd, 1990). Consecuentemente, el fósforo es uno de los principales componentes de la fracción inorgánica de los alimentos.

La acuicultura se visualizó como una actividad no contaminante durante sus primeras etapas de desarrollo. Sin embargo, con la rápida expansión e intensificación de la industria, hay una creciente preocupación sobre la sustentabilidad a largo plazo de la acuicultura en relación a su impacto ambiental (ejemplo: las descargas de los efluentes) y el desarrollo de políticas ambientales (Caffey et al., 1996; Lawrence, 1996). Las agencias gubernamentales ya han establecido acciones regulatorias en varios países con respecto a los estándares de calidad de agua y a las limitaciones de descarga (Mathiesen, 1990; Hopkins, 1992; Fast y Lester, 1992; Hankins y Bullock, 1994).

En los efluentes de agua de descarga de las operaciones de acuicultura el Nitrógeno y el Fósforo han sido considerados como dos de los más importantes agentes contaminantes del medio natural (Mathiesen, 1990 y Boyd y Musig, 1992). La introducción del Nitrógeno es de particular preocupación porque es generalmente un nutriente limitante en los ecosistemas marinos (Seitzinger et al., 1984; Libes, 1992). Como los alimentos se han identificado como la principal fuente de éstos elementos en los efluentes de acuicultura (Cowey y Cho, 1991), debe realizarse investigación para optimizar los niveles de proteína dietaria (aminoácidos esenciales) y de fósforo para obtener buena sobrevivencia y crecimiento y al mismo tiempo minimizar la descarga de Nitrógeno y Fósforo en el agua.

Los objetivos de este estudio fueron 1) determinar el impacto de diferentes niveles de proteína y fósforo en la calidad del agua y 2) estimar los balances de masa de Nitrógeno y Fósforo para un sistema de cultivo estático con poslarvas de *Penaeus vannamei*.

## **2. MATERIALES Y METODOS**

### **PROTEINA DIETARIA:**

Poslarvas de *P. vannamei* producidas en laboratorio de 1.2 mg de peso promedio inicial fueron distribuidas a una densidad de 1.5 PL/L (44 PL/m<sup>2</sup>) en tanques de 20 L de agua estática. Se alimentó con dietas experimentales con niveles de 10, 18, 25 y 33% de proteína y 3 niveles de aceite de pescado (0.0, 4.1 y 8.2%) de acuerdo con la siguiente curva de alimentación

generada por computadora, donde  $x$ = al día y  $y$ = mg de alimento/PL:

$$\text{Días 1 a 16 } y = 1.9509 - 0.1459x + 0.1085x^2 - 0.0038x^3$$

$$\text{Días 17 a 20 } y = - 8.0574 + 1.0094x$$

Durante los 21 días del período experimental, el alimento se distribuyó 15 veces diarias. La dieta basal semipura se presenta en la Tabla 1. La Tabla 2 presenta los ingredientes y la composición calculada de cada dieta.

**Tabla 1. Composición de dieta semipura 1**

Ingrediente	% Materia seca
Almidón de trigo <sup>2</sup>	63.4
Aislado de proteína de soya <sup>2</sup>	0.0
Gluten de trigo <sup>2</sup>	3.5
Harina de pescado Menhaden <sup>3</sup>	8.0
Harina de Krill <sup>4</sup>	4.0
Aceite de pescado Menhaden <sup>3</sup>	0.0
Lecitina <sup>5</sup>	1.5
Colesterol <sup>2</sup>	0.5
Carboximetilcelulosa <sup>6</sup>	4.0
Tierra de diatomeas <sup>2,7</sup>	8.2
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> Reactivo <sup>8</sup>	1.9
Mezcla Mineral AIN 76 <sup>2</sup>	4.2
Mezcla vitamínica <sup>9</sup>	0.8

<sup>1</sup> Valores calculados de 10% proteína, 3.5 kcal energía bruta/g. 2.5 kcal. energía digestible/g, 3% lípidos, 4% fibra y 15.8% de ceniza.

<sup>2</sup> I.C.N. Biochemicals Inc., Cleveland Ohio, USA

<sup>3</sup> Zapata Hayne Corp., Reedville, Virginia, USA

<sup>4</sup> Inual, Santiago Chile

<sup>5</sup> Central Soya, Fort Wayne, Indiana, USA

<sup>6</sup> United States Biochemicals, Cleveland, Ohio, USA

<sup>7</sup> Lavada con ácido

<sup>8</sup> Fisher Scientific Houston, Texas, USA

<sup>9</sup> Dawes Laboratories, Arlington Heights, Illinois, USA

**Tabla 2. Ingredientes y composición calculada de dietas experimentales 1.**

Ingrediente (%)					Composición calculada				
Almidón de trigo	Gluten de trigo	Soya	Tierra de Diatomeas	Aceite de pescado	Proteína cruda (%)	Grasa cruda (%)	Ceniza (%)	Energía bruta (kcal/g)	Energía digestible (kcal/g)
63.4	3.5	0.0	8.2	0.0	10	3	15.8	3.5	2.5
63.4	3.5	0.0	4.1	4.1	10	7	11.8	3.9	2.8
63.4	3.5	0.0	0.0	8.2	10	11	7.7	4.2	3.1
54.4	7.4	5.3	8.2	0.0	18	3	15.8	3.6	2.7
54.4	7.4	5.3	4.1	4.1	18	7	11.8	3.9	2.9
54.4	7.4	5.3	0.0	8.2	18	11	7.7	4.3	3.2
45.5	11.3	10.6	8.2	0.0	25	3	15.8	3.6	2.8
45.5	11.3	10.6	4.1	4.1	25	7	11.8	4.0	3.1
45.5	11.3	10.6	0.0	8.2	25	11	7.7	4.4	3.4
36.5	15.1	16.0	8.2	0.0	33	3	15.8	3.7	3.0
36.5	15.1	16.0	4.1	4.1	33	7	11.8	4.1	3.2
36.5	15.1	16.0	0.0	8.2	33	11	7.7	4.5	3.5

<sup>1</sup>Cada dieta contiene 4% de fibra

La salinidad y la temperatura del agua fueron mantenidas a 25-27 g/L y 27-29oC, respectivamente. La concentración de oxígeno disuelto en el agua se mantuvo arriba de 4.0 mg/L en cada tanque con aereación a través de un solo difusor de aire. Se mantuvo un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 de obscuridad con un timer automático.

Al final del bioensayo de crecimiento, las PL fueron secadas al aire, pesadas y contadas. Fueron calculadas la sobrevivencia y la tasa de crecimiento relativo (TCR= peso final — peso inicial/peso inicial x 100) (Hopkins, 1992). Se analizó el amonio total de (Solorzano, 1969; Spotte, 1979) nitritos (Spotte, 1979, Parson et al., 1989) y nitratos (Mullin y Riley, 1955; Spotte, 1979) en muestras de agua. La suma de las tres formas de Nitrógeno se reportó como Nitrógeno Inorgánico Total disuelto (NIT). Los datos obtenidos de un diseño factorial 4 x 3 con 6 replicados por tratamiento fueron analizados usando un análisis de varianza de dos factores para determinar las diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos (P<<0.05). Se usaron tablas de contraste para separación de medias con el fin de evaluar las diferencias significativas entre los tratamientos (Lentner y Bishop, 1993). Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando los procedimientos del “Statistical Analysis Systems” (SAS Institute, Inc. 1989-91 versión 2.0.5).

## FOSFORO DIETARIO

Se evaluaron dietas con 3 niveles de fósforo (0.4, 0.8 y 1.2%) usando fosfato de sodio

monobásico (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) como fuente de fósforo inorgánico. Se mantuvo una relación Ca:P 1:1 en toda las dietas. La dieta basal semipura se presenta en la Tabla 3. La Tabla 4 presenta las fuentes minerales y el nivel de inclusión de las mezclas minerales.

**Tabla 3. Composición de dieta semipurificada.<sup>1</sup>**

Ingrediente	% Materia seca
Almidón de trigo <sup>2</sup>	43.6
Caseína <sup>3</sup>	15.6
Aislado de proteína de soya <sup>2</sup>	10.1
Gluten de trigo <sup>2</sup>	7.1
Harina de Krill <sup>4</sup>	4.0
Aceite de pescado Menhaden <sup>5</sup>	4.0
Lecitina <sup>6</sup>	1.0
Colesterol <sup>2</sup>	0.5
Carboximetilcelulosa <sup>3</sup>	3.0
Tierras de Diatomeas <sup>2,7</sup>	0.8
Mezcla mineral <sup>9</sup>	9.5
Mezcla vitamínica <sup>8</sup>	0.8

<sup>1</sup> Valores calculados de 32% de proteína, 4.2 kcal energía bruta/g., 3.2 kcal energía digestible g, 6% lípidos, 3.1% fibra y 11% ceniza.

<sup>2</sup> I.C.N. Biochemicals Inc., Cleveland, Ohio, USA

<sup>3</sup> United States Biochemicals, Cleveland, Ohio, USA

<sup>4</sup> Inual, Santiago, Chile

<sup>5</sup> Zapata Haynei Corp., Reedville, Virginia, USA

<sup>6</sup> Central Soya, Fort Wayne, Indiana, USA Appendix B

<sup>7</sup> Lavado en ácido

<sup>8</sup> Dawes Laboratories, Arlington Heights, Illinois, USA. Appendix C

<sup>9</sup> Composición basal (g/kg): sulfato de potasio crómico (0.244), carbonato cuprico (0.133), cloruro de cobre (1.11), citrato ferrico (2.666), óxido de magnesio (10.665), sulfato manganoso (1.555), citrato de potasio monohidratado (97.768), yoduro de potasio (0.0044), sulfato de potasio (23.109), selenito de sodio (0.0044), sucrosa (52.439), carbonato de zinc (0.711), sulfato de zinc (7.77).

**Tabla 4. Fuentes minerales 1 y niveles de inclusión (g/kg) para mezclas minerales**

Fuente de fósforo	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		
Niveles de fósforo dietario	0.4%	0.8%	1.2%
Fosfato de sodio monobásico	29	225	338
Cloruro de Calcio	31	240	360
Cloruro de Sodio	164	81	33
Tierra de Diatomeas <sup>2</sup>	578	256	71

<sup>1</sup> Grado reactivo

<sup>2</sup> Lavada con ácido

Las condiciones experimentales fueron las mismas que las descritas anteriormente para el experimento de proteínas. Se utilizaron poslarvas de 0.9 mg de peso promedio inicial que fueron alimentadas 15 veces por día en un experimento de 21 días de acuerdo con la siguiente curva de alimentación, donde x= días y y= mg/PL

$$\text{Día 1 a 16 } y = 1.5551 - 0.1162x + 0.0865x^2 - 0.0030x^3$$

$$\text{Día 17 a 20 } y = -6.4270 + 0.8050x$$

Al final del bioensayo de crecimiento se analizó en muestras de agua el fósforo reactivo disuelto (PRD) (Murphy y Riley, 1962; Spotte, 1979). Las poslarvas fueron secadas, pesadas y contadas. Los datos obtenidos de este diseño completamente al azar con 7 replicados por tratamiento fueron analizados usando un análisis de varianza de una vía para determinar las diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre el promedio de los tratamientos. La prueba de Tukey-Kramer HSD para separación de medias fue usado para evaluar las diferencias significativas entre los tratamientos (Lentner y Bioshop, 1993).

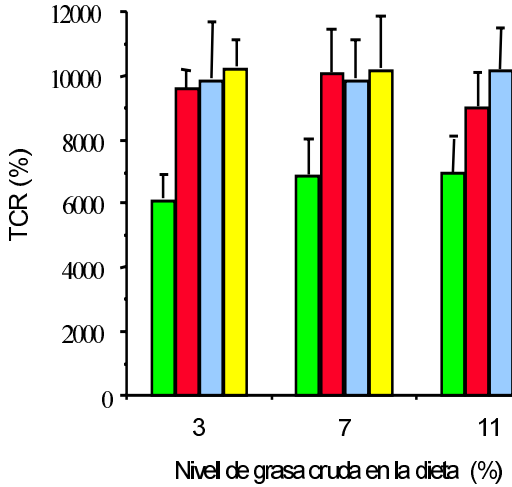
Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando los procedimientos del "Statistical Analysis Systems" (SAS Institute, Inc. 1989-91 versión 2.0.5).

### 3.RESULTADOS

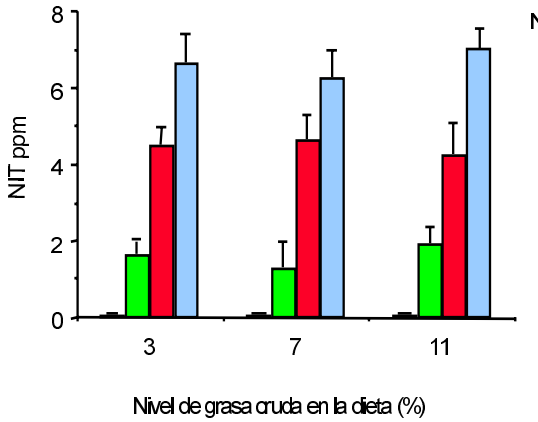
#### PROTEINA DIETARIA:

Los ecoensayos con las dietas de diferentes niveles de proteína dieron una alta sobrevivencia (Promedio =90%) sin diferencias significativas. El incremento en biomasa promedio de las poslarvas varió de 23 a 26.2% por día. El crecimiento de las PL no fue significativamente diferente para las dietas con 18% de proteína y las dietas con niveles de proteína más altos, independientemente del nivel de lípidos. Las dietas con 10% de proteína dieron un crecimiento significativamente menor (Figura 1). La acumulación de NIT disuelto en el agua se incrementó

significativamente con el incremento del nivel de lípidos en la dieta (Figura 2).



**Figura 1. Crecimiento de postlarvas vs los niveles de proteína y lípidos en la dieta. Se representan el promedio y la desviación estándar; n=6. El asterisco (\*) indica un efecto significativo del factor considerado en el ANOVA bifactorial ( $P < 0.05$ ).**



**Figura 2. NIT vs niveles de proteína cruda y lípidos. Se representan el promedio y desviación estándar n=6. El asterisco (\*) indica un efecto significativo del factor considerado en el ANOVA bifactorial ( $P < 0.05$ ).**



**Tabla 5. Balance de masas de Nitrógeno (mg-N) basado en el contenido de Nitrógeno de las dietas, del agua, del análisis de Nitrógeno amoniacal total, del Nitrógeno de nitritos y Nitrógeno de nitratos en el agua.**

Nivel de proteína cruda en la dieta	Entradas			Salidas		
	Alimento	Agua	PL <sup>1</sup>	Agua	PL <sup>1</sup>	No considerado <sup>2</sup>
10	64.2	2.86	0.9	1.1	55.8	11.0
18	115.5	2.86	0.9	21.1	82.7	15.4
25	160.5	2.86	0.9	74.2	78.3	11.8
33	211.8	2.86	0.9	100.2	79.2	36.2

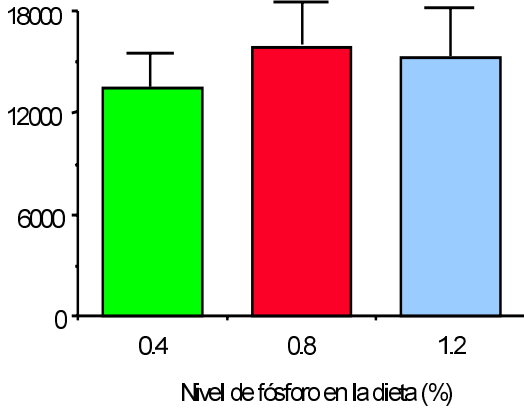
<sup>1</sup> Valores estimados de Boyd y Teichert-Coddington (1995).

<sup>2</sup> La parte de Nitrógeno no considerado estaba probablemente en los sólidos sedimentados

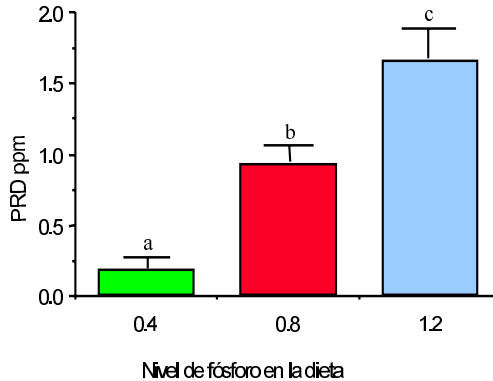
Los balances de masa de Nitrógeno para tratamientos con 7% de lípidos (Tabla 5%) muestran que el alimento fue la principal fuente de Nitrógeno contribuyendo con el 94.5 a 98.2% del Nitrógeno total introducido en el sistema de cultivo. Estos presupuestos sumaron el 83.7, 87.1, 92.8 y 83.2% del Nitrógeno introducido por las dietas conteniendo 10, 18, 25 y 33% de proteína, respectivamente. La utilización neta de Nitrógeno por las PL fue de 85.5, 71.0, 48.2 y 37.0% para las dietas conteniendo 10, 18, 25 y 33% de proteína respectivamente.

## **FOSFORO DIETARIO**

Los ecoensayos con alimentos de diferentes niveles de fósforo dieron una alta sobrevivencia (Promedio= 85%) de PL sin diferencias significativas. El incremento promedio en la biomasa de PL se ubicó entre 27.7 a 28.9% por día. La mejor tasa de crecimiento correspondió a la dieta con el nivel más bajo de fósforo. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 3). La acumulación de PRD en el agua se incrementó significativamente con el incremento de fósforo en la dieta (Figura 4).



**Figura 3. Crecimiento de PL vs el nivel de Fósforo dietario con suplementación con  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . Están representadas medias y D.E. n=7.**



**Figura 4. Acumulación de Fósforo reactivo disuelto en el agua vs el nivel de Fósforo en la dieta con suplementación de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . Están representadas medias y D.E.; n=7. Las columnas con diferentes letras indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).**

El balance de masa de fósforo para todos los tratamientos (Tabla 6) muestra que el alimento fue la principal fuente de fósforo, contribuyendo con 88.4 a 95.5% del fósforo total introducido en el sistema de cultivo. Estos presupuestos sumaron el 76.9, 93.3 y 93.4% del fósforo introducido por las dietas conteniendo 0.4, 0.8 y 1.2% de fósforo respectivamente. La utilización neta de fósforo por las poslarvas fue de 65.1% 42.5 y 28.3% para las dietas conteniendo 0.4, 0.8 y 1.2% de fósforo, respectivamente.

**Tabla 6. Balance de masas de fósforo (mg-P) basado en el contenido de fósforo de las dietas, agua y análisis de fósforo reactivo disuelto en el agua.**

Fuentes de P y nivel en la dieta	Entradas		Salidas			No considerado <sup>2</sup>	
	Alimento	Agua	PL <sup>1</sup>	Agua	PL <sup>1</sup>		
CaHPO <sup>4</sup>	0.8%	26.37	1.76	0.084	8.64	9.4	10.2
Na <sub>2</sub> HP <sup>4</sup>	0.8%	26.37	1.76	0.084	15.75	11.4	1.1
Na <sub>2</sub> HP <sup>4</sup>	0.8%	26.37	1.76	0.084	15.00	11.3	1.9
Na <sub>2</sub> HP <sup>4</sup>	0.8%	14.15	1.76	0.084	3.00	9.3	3.7
Na <sub>2</sub> HP <sup>4</sup>	1.2%	38.60	1.76	0.084	26.72	11.0	2.7

<sup>1</sup> Valores estimados de Boyd y Teichert-Coddington (1995).

<sup>2</sup> La parte de Nitrógeno no considerado estaba probablemente en los sólidos sedimentados

#### 4. DISCUSION

La acumulación de NIT disuelto en el agua se incrementó significativamente con el incremento de proteína en la dieta. Los camarones pueden utilizar con mucha facilidad la proteína como fuente de energía y en ése proceso liberar amonio en el agua. La acumulación de bajos niveles de NIT para la dieta con 10% de proteína sugiere que la mayor parte del Nitrógeno dietario fue asimilado por el camarón y no utilizado como fuente de energía.

Dado que el crecimiento no fue afectado negativamente por la dieta con 18 de proteínas los niveles de NIT en el agua probablemente pudieran reducirse más disminuyendo el nivel de proteína en la dieta. Los niveles de NIT más altos en el agua para las dietas 25 y 33% de proteína, indican un catabolismo innecesario de proteína para obtener energía y un impacto ambiental potencialmente negativo en el sistema de cultivo y/o cuerpos de agua recibiendo efluentes de los estanques. Estos datos demuestran el gran efecto que el nivel de proteína dietaria puede tener en la calidad del agua y como a través de estrategias apropiadas los niveles de NIT pueden reducirse sin afectar los niveles de producción. La sobresuplementación de proteína debe evitarse para disminuir el NIT en los efluentes de descarga de las granjas de camarón. Esto permitirá a estas granjas cumplir con los estándares regulatorios y al mismo tiempo mantener o incrementar sus niveles de producción.

La utilización neta de Nitrógeno (UNN) varió de 37% para las dietas conteniendo 33% de proteína cruda a 85.5% para las dietas conteniendo 10% de proteína cruda. Valores tan altos como estos no tienen precedente. Hopkins et al. (1993) reportaron que solo el 6.5% de Nitrógeno en el alimento era asimilado en tejido en *P. setiferus* confinados en estanques con cubiertas de polietileno con 2.5 y 0% de recambio de agua diario. Solo 15.6% del Nitrógeno ingerido por rotíferos (*Brachionus plicatilis*) se calculó que fue utilizado para el crecimiento y la reproducción (Tanaka, 1991). Trabajando con lobina (*Morone saxatilis*) en estanques de agua salobre con cubierta de polietileno, Daniels y Boyd (1989) encontraron que la UNN del pez era solo de 18.2%. Del Nitrógeno total introducido en tanques de tierra de agua dulce, solo 17.5% fue reportado haber sido asimilado por híbridos de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) (Acosta-Nassar et al., 1994). Considerando que los camarones son más propensos que los peces a romper su alimento en pequeños pedazos antes de ingerirlo — lo que produce pérdidas — la UNN relativamente alta, encontrada en este estudio es aún más remarcable.

El similar crecimiento y sobrevivencia de PL obtenido con los 3 niveles de fósforo dietario evaluados indican que el nivel más bajo de fósforo de 0.4% usado en este experimento fue adecuado para un buen crecimiento y sobrevivencia de las poslarvas. Esto concuerda con Davis et al. (1993) quien reporta que en ausencia de suplementación de Calcio, un nivel de fósforo dietario de 0.34% es adecuado para un buen crecimiento en juveniles de *P. vannamei*. Nuestros resultados sugieren que el requerimiento de fósforo dietario de PL de *P. vannamei* es también bajo.

El incremento significativo de la acumulación de PRD en el agua con el incremento de los niveles de fósforo en la dieta demuestran el gran impacto que el nivel de fósforo dietario puede tener en la calidad del agua. Además del beneficio económico que se puede obtener con la reducción en la cantidad de fósforo requerido en la dieta, estos datos indican que la sobresuplementación de fósforo en la dieta debe evitarse para disminuir el nivel de PRD en los efluentes de descarga de las granjas de camarón. Esto podría permitir el cumplimiento de normas regulatorias y al mismo tiempo mantener o incrementar los niveles de producción. Una utilización neta de fósforo (UNP) de 65.1% se obtuvo con la dieta conteniendo 0.4% de fósforo, la cual es mayor que la UNP de 48.3% reportada para lobina (*Morone saxatilis*) cultivada en estanques de agua salobre con cubierta de polietileno (Daniels y Boyd, 1989). Neori y Krom (1991) reportaron una incorporación de fósforo del 21% en el pargo dorado (*Sparus aurata*) cultivado en estanques de agua marina con cubiertas de plástico. La alta UNP observada para camarones en este estudio no tiene precedentes y es especialmente remarcable, considerando el comportamiento alimenticio del camarón comparado con los peces.

Los datos de ésta investigación indican que la proteína dietaria y el nivel de fósforo pueden tener un gran impacto en el Nitrógeno Inorgánico Total y el fósforo reactivo descargados en el agua. Aún más, el alto crecimiento y sobrevivencia obtenidos con niveles 18% de proteína y 0.4% de fósforo, paralelo con la mínima acumulación de NIT disuelto y de PRD, respectivamente; justifica la necesidad de más investigación sobre el desarrollo de alimentos amigables con el medio.

## REFERENCIAS

- Acosta-Nassar, M.V., J.M. MoreH and J.E. Corredor. 1994. The nitrogen budget of a tropical semi-intensive freshwater fish culture pond. *Journal of the World Aquaculture Society* 25:261-270.
- Boyd, C.E. 1990. *Water quality in ponds for aquaculture*. Birmingham Publishing Co., B gharn, Alabania, USA.
- Boyd, C.E. and D. Teichert-Coddington. 1995. Dry matter, ash, and elemental composition of pond-cultured *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris*. *Journal of the World Aquaculture Society* 26:88-92.
- Boyd, C.E, and Y. Musig. 1992, Shrimp pond effluents: Observations of the nature of the problem on commercial farms. Pages 195-197 in J. Wyban, editor. *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana USA,
- Caffey, R.H., R.F. Kazmierczak, J.W. Avault and R.P. Romaine. 1996. An evolving definition and index for sustainable aquaculture. Paper presented at the 27th Annual Conference of the World Aquaculture Society. Bangkok, Thailand, January 29-February 2.
- Cowey, C.B. and C.Y. Cho, editors. 1991. *Nutritional strategies and aquaculture waste*, *Proceedings of the first international symposium on nutritional strategies in management of aquaculture waste*. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Daniels, H.V. and C.E, Boyd, 1989, Chemical budgets for polyethylenelined, brackishwater ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 20:53-60.
- Davis, D.A., A.L. Lawrence and D.M. Gatlin. 1993. Response of *P. vannamei* to dietary calcium, phosphorus and calcium:phosphorus ratio. *Journal of the World Aquaculture Society* 24:504-515.
- Fast, A.W. and L.J, Lester. 1992. Future of world shrimp culture. Pages 839-851 in A.W. Fast and L.J, Lester, editors. *Marine shrimp culture: principles and practices*. Elsevier Science Publishing Inc., New York, New York, USA.
- Hankins, JA, and D.G. Btfflock. 1994. A national overview of state regulatory approaches for aquaculture effluent discharges (abstract). World Aquaculture Society, Book of Abstracts, New Orleans, Louisiana, USA.
- Hopkins, J.S. 1992. Shrimp culture in the United States. Pages 817-836 in A,W, Fast and L.J. Lester, editors. *Marine shrimp culture: principles and practices*. Elsevier Science Publishing Inc., New York, New York, USA.

- Hopkins, J.S., R.D. Hamilton U, PA. Sandifer, C.L. Browdy and A.D. Stokes. 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 24:304-320.
- Hopkins, K.D. 1992. Reporting fish growth: a review of the basics. *Journal of the World Aquaculture Society* 23:173-179.
- Lawrence, A.L. 1996. Feed quality and feed management standards for environmentally sound aquaculture. Paper presented at the 27th Annual Conference of the World Aquaculture Society. Bangkok, Thailand, January 29-February 2.
- Lentner, M. and T. Bishop. 1993. *Experimental design and analysis*. Valley Book Company, Blacksburg, Virginia, IJSA.
- Libes, S.M. 1992. *An introduction to marine biogeochemistry*. John Wiley & Sons, Inc. New York, New York, USA.
- Mathiesen, C.K. 1990. Fish farming and the environment reality and myth- a danish perspective. Pages 218-284 in *Aquaculture international congress proceedings*, Vancouver, Canada.
- Mullin, J.B. and J.P. Riley. 1955. The spectrophotometric determination of nitrate in natural waters, with particular reference to seawater. *Analytical Chemistry Acta* 12:464-480.
- Murphy, J. and P. Riley. 1962. A modified single solution method or the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chemistry Acta* 27:31-36.
- National Research Council. 1983. *Nutrient requirements of warmwater fishes and sheflfishes*. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Neori, A. and M.D. Krom. 1991. Nitrogen and phosphorus budgets in an intensive marine fishpond: the importance of microplankton. Pages 223-230 in C.B. Cowey and C.Y. Cho, editors. *Nutritional strategies and aquaculture waste*. Proceedings of the first international symposium on nutritional strategies in management of aquaculture waste. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Parsons, T.R., Y. Maita and C.M. LaW. 1989. *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press, Inc., Elmsford, New York, USA,
- Seitzinger, S.P., S.W. Nixon and M.E.Q. Pilson, 1984. Determination and nitrous oxide production in a coastal marine ecosystem. *Limnology and Oceanography* 29:73-83.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnological Oceanography* 14:799-801.

- Spotte, S. 1979. Fish and invertebrate culture: water management in closed systems. John Wiley & Sons, Inc. New York, New York, IJSA.
- Tanaka, Y. 1991. Nitrogen budget for the rotifer *Brachionus plicatilis*. Journal of the World Aquaculture Society 22:57-64.