

Contenido

EFFECTOS DE LA PROTEINA Y EL FOSFORO DIETARIO EN LA CALIDAD DE AGUA DE ACUACULTURA	597
EFFECTO DE SUELOS DE DIFERENTES GRANJAS DE CAMARON DE TEXAS EN EL CRECIMIENTO DE PENAUEUS VANNAMEI	613
CONTROL DE VIBRIO Y VIRUS EN LA ACUACULTURA DE CAMARON: ULTIMOS DESARROLLOS EN EL MANEJO DE ESTANQUERIA Y ECOLOGIA MICROBIANA	635
EVALUACION DE PREMEZCLAS VITAMINICAS EN DIETAS PARA CAMARONES PENAUEUS VANNAMEI	651
EMPLEO DE DIFERENTES NIVELES DE PROTEINA EN DIETAS PRACTICAS PARA EL ENGORDE DEL CAMARON PENAUEUS SCHMITTI EN ESTANQUE DE TIERRA	665

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

Mario Velasco,^{1} Addison L. Lawrence¹ y William H. Neill²*

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

² 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

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 (NaH₂PO₄) 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/m²) 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 ²	63.4
Aislado de proteína de soya ²	0.0
Gluten de trigo ²	3.5
Harina de pescado Menhaden ³	8.0
Harina de Krill ⁴	4.0
Aceite de pescado Menhaden ³	0.0
Lecitina ⁵	1.5
Colesterol ²	0.5
Carboximetilcelulosa ⁶	4.0
Tierra de diatomeas ^{2,7}	8.2
Na ₂ HPO ₄ Reactivo ⁸	1.9
Mezcla Mineral AIN 76 ²	4.2
Mezcla vitamínica ⁹	0.8

¹ 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.

² I.C.N. Biochemicals Inc., Cleveland Ohio, USA

³ Zapata Hayne Corp., Reedville, Virginia, USA

⁴ Inual, Santiago Chile

⁵ Central Soya, Fort Wayne, Indiana, USA

⁶ United States Biochemicals, Cleveland, Ohio, USA

⁷ Lavada con ácido

⁸ Fisher Scientific Houston, Texas, USA

⁹ 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

¹Cada 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 (NaH₂PO₄) como fuente de fósforo inorgánico. Se mantuvo una relación Ca:P 1:1 en todas 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.¹

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

¹ 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.

² I.C.N. Biochemicals Inc., Cleveland, Ohio, USA

³ United States Biochemicals, Cleveland, Ohio, USA

⁴ Inual, Santiago, Chile

⁵ Zapata Haynei Corp., Reedville, Virginia, USA

⁶ Central Soya, Fort Wayne, Indiana, USA Appendix B

⁷ Lavado en ácido

⁸ Dawes Laboratories, Arlington Heights, Illinois, USA. Appendix C

⁹ 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 ₂ PO ₄		
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 ²	578	256	71

¹ Grado reactivo

² 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).

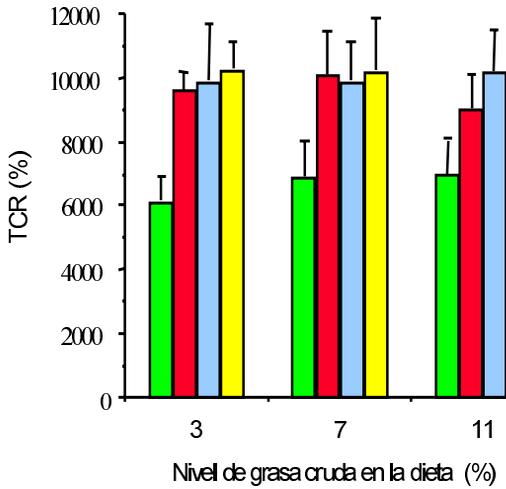


Figura 1. Crecimiento de postlarvas vs los niveles de proteína y lípidos en la dieta. Se representan el promedio y la desviación estándar; n=6. El asterisco (*) indica un efecto significativo del factor considerado en el ANOVA bifactorial ($P < 0.05$).

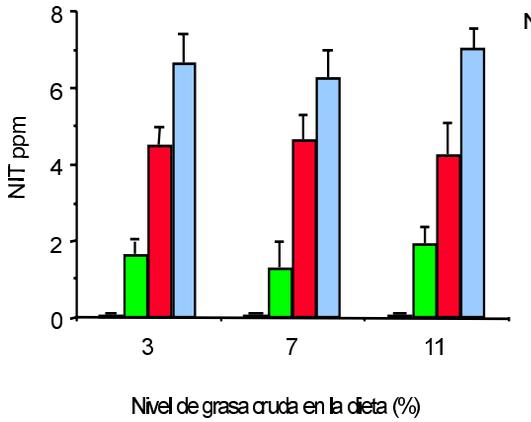


Figura 2. NIT vs niveles de proteína cruda y lípidos. Se representan el promedio y desviación estándar n=6. El asterisco (*) indica un efecto significativo del factor considerado en el ANOVA bifactorial ($P < 0.05$).

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 ¹	Agua	PL ¹	No considerado ²
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

¹ Valores estimados de Boyd y Teichert-Coddington (1995).

² 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).

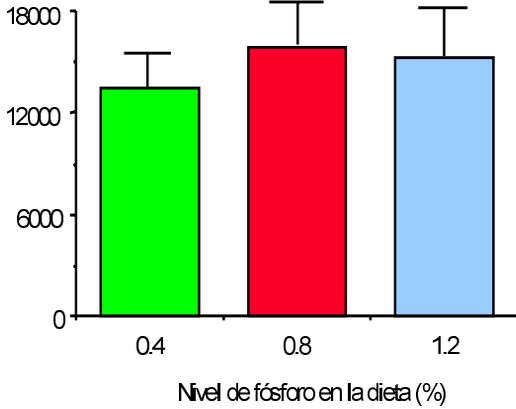


Figura 3. Crecimiento de PL vs el nivel de Fósforo dietario con suplementación con NaH_2PO_4 . Están representadas medias y D.E. n=7.

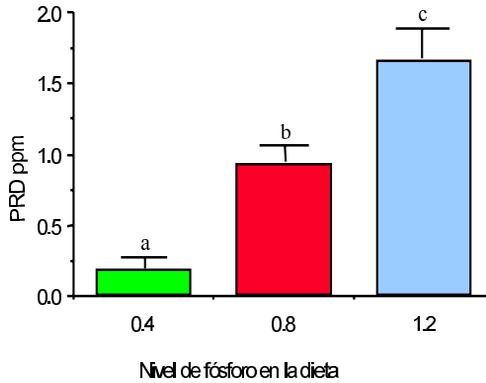


Figura 4. Acumulación de Fósforo reactivo disuelto en el agua vs el nivel de Fósforo en la dieta con suplementación de NaH_2PO_4 . Están representadas medias y D.E.; n=7. Las columnas con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

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 ²	
	Alimento	Agua	PL ¹	Agua	PL ¹		
CaHPO ⁴	0.8%	26.37	1.76	0.084	8.64	9.4	10.2
Na ₂ HP ⁴	0.8%	26.37	1.76	0.084	15.75	11.4	1.1
Na ₂ HP ⁴	0.8%	26.37	1.76	0.084	15.00	11.3	1.9
Na ₂ HP ⁴	0.8%	14.15	1.76	0.084	3.00	9.3	3.7
Na ₂ HP ⁴	1.2%	38.60	1.76	0.084	26.72	11.0	2.7

¹ Valores estimados de Boyd y Teichert-Coddington (1995).

² 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.

EFECTO DE SUELOS DE DIFERENTES GRANJAS DE CAMARON DE TEXAS EN EL CRECIMIENTO DE *Penaeus vannamei*

**Ritvo^{1,2} G, A. L. Lawrence¹, T. M. Samocha¹, y W. H. Neill³.*

¹ Shrimp Mariculture Project, Texas Agriculture Experiment Station, Texas A&M University System, Port Aransas, TX.

² Department of Soil and Crop Science, Texas A&M University, College Station, TX.

³ Department of Wildlife and Fisheries Sciences, Texas A&M University, College Station, TX.

Correspondencia al autor; dirección actual, Department of Soil & Crop Sciences, College Station, TX 77843.

Traducción: L. Elizabeth Cruz S., Denis Ricque M., Roberto Mendoza A. y Jesús Montemayor L.

RESUMEN

Se cultivaron poslarvas de *Penaeus vannamei* (150 mg de peso promedio) durante 80 días en tanques interiores sin sustrato o con suelo de estanques, de 5 granjas de camarón de Texas, pero con un suministro de agua en común (el canal de Port Aransas, TX). La ganancia en peso promedio para todos los tratamientos varió de 13.75 a 16.04 g. El crecimiento semanal para los días 1-30, 31-80 y 1-80 varió entre 1.02-1.14, 1.83-2.04 y 1.06-1.53 g, respectivamente. Aunque las diferencias en crecimiento de los camarones entre los diferentes tratamientos sustratos fueron modestas, estuvieron altamente correlacionadas con la producción de camarón de años anteriores en los estanques de los cuales las muestras fueron obtenidas. Las regresiones de la producción ajustada de camarón del estanque (rendimiento de biomasa de camarón de un estanque particular, menos el rendimiento promedio de esa granja) sobre el crecimiento del camarón en el laboratorio, dieron correlaciones positivas significativas $r = 0.73$ ($P = 0.041$), $r = 0.83$ ($P = 0.010$), y $r = 0.88$ ($P = 0.004$) para los días 1-30, 31-80, y 1-80, respectivamente. Estos resultados demuestran un impacto del sustrato sobre el crecimiento de los camarones independiente del suministro de agua. En estanques y otros sistemas cuasi estáticos, el impacto del sustrato sobre la producción del camarón puede ser mucho más dramático que en los tanques con flujo continuo usados en el experimento que aquí se describe.

INTRODUCCION

Los fondos de los estanques en los sistemas de acuicultura, a través de los procesos de adsorción y desorción química, tienen un efecto directo sobre la calidad del agua. Aún más, las condiciones de sustrato son más críticas para los camarones que para la mayoría de las otras especies acuiculturales por que los camarones pasan la mayor parte de su tiempo en el fondo (Boyd 1989, Chien 1989). Los sustratos no solamente tienen sus propias propiedades inherentes (ej. tamaño de grano, composición mineral), sino que el tipo de sustrato también influye en la calidad del agua por medio de la transferencia de nutrientes y demanda de oxígeno entre la capa subyacente del suelo y el agua que se encuentra por encima de este. A pesar de la reconocida importancia del sustrato en las actividades acuiculturales, han existido relativamente pocos esfuerzos para correlacionar las propiedades de los fondos de los estanques con la producción de peces o camarones (Boyd 1990). El esfuerzo más significativo a este respecto, se ha realizado en la India por Banerjea (1967).

Los camarones peneidos generalmente se entierran en el sustrato para esconderse de los predadores (Fuss y Orgen 1966, Boddeke 1983). Las diferencias en el comportamiento de enterramiento entre las especies han sido descritas por varios investigadores [(Fuss 1964, Moctezuma y Blake 1981, Boddeke 1983, Pereira 1992 (datos no publicados)]. Aún más, diferencias en las preferencias por el sustrato entre especies también han sido reportadas en la literatura (Williams 1958, Ruello 1973, Moller y Jones 1975, y Aziz y Greenwood 1982).

Subramanyan y Oppenheimer (1969) encontraron que *Penaeus duorarum* crecía más rápido en fondos de arena que en fondos sin sustrato. Chien et al. (1989) encontraron crecimientos significativamente mejores en *Penaeus monodon* cultivados en sustrato con arena de playa que en fondos sin sustrato. Liao (1981, citado por Liao y Chao 1983) y Liao (1969), usando *P. monodon* y *Penaeus japonicus*, respectivamente, reportaron un mejor rendimiento en sustrato de tierra que un sustrato impermeable. De manera similar Miko et al. (1987, citado by Boyd 1990), observó una mejor sobrevivencia y crecimiento en *Penaeus merguensis* cultivados en tanques con sustrato arenoso que en tanques con fondo de concreto. Asimismo, *Penaeus semisulcatus* creció más rápido sobre fondos arcillosos que sobre fondos de concreto (Liao y Chao 1983).

Holthuis (1980) describe como marino el habitat de *P. vannamei* para adultos y como estuarino para juveniles, con sustratos fangosos en ambos casos. Aparentemente solo dos artículos han sido publicados sobre el efecto del tipo de suelo en el rendimiento de *P. vannamei* (Pruder et al. 1992, Bray y Lawrence 1993). Los resultados de estos estudios no fueron concluyentes y ninguno de ellos consideró el sustrato fangoso natural reportado por Holthuis (1980). Al mismo tiempo que hay pocos datos empíricos disponibles, hay evidencias anecdóticas que sugieren fuertes diferencias en el potencial del crecimiento entre sustratos de suelos naturales. Algunas veces, en la misma granja de camarón (aún con la misma densidad de siembra, agua y manejo), ocurren marcadas diferencias de producción entre estanques; han sido reportadas diferencias de más de 600%, dentro de la misma granja (G. Lipscomb y L. Hamper 1994, comunicación personal).

El objetivo del presente estudio fue determinar, bajo condiciones de laboratorio, si el suelo era un factor significativo que pudiera afectar el rendimiento de camarones *P. vannamei* producidos por acuicultura.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se adquirieron postlarvas de 6 días (PL6) de *Penaeus vannamei* de un laboratorio de producción comercial en Texas. Se mantuvieron los animales por 10 días en tanques de fibra de vidrio de 500 L en un sistema de recirculación semicerrado en el cual 20% del agua fue reemplazada diariamente. Se distribuyeron 3 animales por tanque en 100 tanques experimentales de plástico (30 x 30 x 60 cm) siguiendo un periodo de aclimatación de 10 días. El peso promedio en el momento de la distribución fue de 0.15 g (+ 0.013 DS). El diseño experimental incluyó 14 tratamientos con 2.5cms. de sustrato de suelo, y un tratamiento sin sustrato. Las muestras del fondo de los estanques fueron tomadas de 4 granjas de camarón del sur de Texas [Harlingen Shrimp Farm (97o 16'N, 260 06'W), Southern Star Shrimp Farm ad Taiwan Village (97o 27'N, 260 20'W) y Bowers Shrimp Farm (96o 13'N, 28o 42'W)] y del West Texas Aquaculture Project Farm cerca de Imperial (102o 55'N, 30o 55'W). Se utilizaron tanques sin sustrato como control. Para diez tratamientos se utilizaron 7 tanques como replicado con suelo mientras que para 5 tratamientos solo se utilizaron 6 replicados. Los tanques se asignaron aleatoriamente para los tratamientos. La salinidad del agua a lo largo del experimento se mantuvo a 24 g/L. El recambio diario de agua fue de 30% y se realizó a través de un drenaje central constituido por un tubo de PVC de 2.2cms. de diámetro perforado con agujeros de 2mm, a una altura de 45 cm del fondo del tanque. La aireación se proporcionó a través de una piedra aireadora puesta en la esquina, unos 5 cm por abajo del nivel del agua. El aire fue suministrado a las piedras aereadores por un soplador regenerativo. El flujo de aire en los tanques fue regulado por válvulas y ajustado 3 veces al día. Los tanques estaban cubiertos por una malla de plástico para prevenir el escape de los animales. La temperatura del aire fue monitoreada por medio de un registrador térmico de máximos y mínimos. Los niveles de oxígeno en los tanques fueron medidos una vez al día y mantenidos cerca de la saturación. La salinidad fue medida dos veces a la semana en la entrada del agua con un hidrómetro de vidrio para salinidad y el pH fue determinado semanalmente con un pHmetro Orion Research Modelo 231 (Orion Research Inc., Boston, MA, USA). El NH₄⁺-N fue medido semanalmente y analizado con la metodología de Solarzano (1969) y Spotte (1979). El NO₂—N fue medido semanalmente y analizado con la metodología Strickland y Parsons (1972) y Spotte (1979). Se tomaron muestras de agua compuestas para determinar pH y niveles de NH₄⁺-N, y NO₂—N para cada tratamiento con sustrato. Las muestras de superficie colectadas de cada tanque fueron combinadas por tratamiento y analizadas a través de un análisis de varianza de una vía, para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de suelo para pH, NH₄⁺-N, y NO₂—N.

Los pesos de los grupos de animales, fueron registrados los días 30, 51 y 80 del experimento. En el día 30 la densidad de los animales se redujo a 2 animales por tanque, de tal manera que el efecto de densidad pudiera ser minimizado. Los animales excluidos fueron el más grande o el más pequeño en cada tanque de marginado. La tasa de alimentación diaria de los camarones se basó en una tasa de conversión asumida de 2:1. El crecimiento esperado de los camarones fue

considerado exponencial hasta 1.5g y de ahí es hasta el final del experimento (15-16 g), se asumió que fuera lineal.

Los suelos colectados para los experimentos fueron seleccionados sobre la base de los datos de producción de biomasa de las granjas para el año de 1993. Sin embargo, dado que Harlingen Shrimp Farm tuvo un ciclo muy irregular en ése tiempo, los datos promedio de 4 ciclos de producción fueron usados (1989-1992). Los suelos de los

“estanques de alta producción” y suelos de “estanques de baja producción” fueron tomados de Harlingen Shrimp Farm, Taiwan Shrimp Village, Southern Star Shrimp Farm, Bowers Shrimp Farm y de los West Texas Aquaculture Project Farm cerca de Imperial. Los estanques con producciones mayores en un 50% al promedio de la producción de la granja, fueron considerados como de “estanques de alta producción”. Los estanques con menos del 50% del rendimiento promedio de producción fueron considerados como “estanques de baja producción” (basado en los registros de producción de las granjas).

Los estanques b7, h7, sd18, t71, y wg fueron “estanques de alta producción”; los estanques b10, h5, sd17, t60, y wb, fueron los “estanques de baja producción”. El suelo de 4 estanques adicionales con un nivel de producción medio (b5, b8, b14, y b25), fue tomado de Bowers’ Shrimp Farm. En este estudio, las muestras de suelo fueron colectadas de sitios múltiples en cada estanque, en un muestreo en cuadrícula de 20 muestras/acre. El suelo fue colectado de los 10 cm superiores del fondo del estanque seco, usando un nucleador manual.

Las muestras de suelo colectadas fueron secadas al aire, pulverizadas y entonces combinadas y mezcladas para proveer una mezcla homogénea. La hipótesis alternativa experimental fue que bajo condiciones controladas, el suelo de estanques con altos rendimientos podría dar como resultado un mejor crecimiento en los camarones (una ganancia en peso mayor) que el suelo de estanques de bajos rendimientos de la misma granja.

Se utilizó un análisis de varianza de una vía para probar la variabilidad en la ganancia en peso promedio entre tratamientos del día 1 al 30, del 31 al 80 y del 1 al 80. La prueba de Levene de homogeneidad de varianza se llevó a cabo para detectar las diferencias en varianza al interior de los tratamientos.

Se establecieron contrastes de la siguiente manera: (h = Harlingen Shrimp Farm, sd = Southern Star Shrimp Farm, t = Taiwan Village, b = Bowers Shrimp Farm; wb y wg corresponden a los estanques “malo” y “bueno” de la granja West Texas farm, respectivamente):

Contraste 1: m ganancia en peso h7 >>>	m ganancia en peso h5
Contraste 2: m ganancia en peso wg >>>	m ganancia en peso wb
Contraste 3: m ganancia en peso t71 >>>	m ganancia en peso t60
Contraste 4: m ganancia en peso sd18 >>>	m ganancia en peso sd17
Contraste 5: m ganancia en peso b7 >>>	m ganancia en peso b10

Un análisis de varianza de una vía se utilizó para probar la varianza en el peso de los animales excluidos el día 30 entre los tratamientos, de acuerdo a los siguientes contrastes.

Contraste 1: m ganancia en peso h7=	m ganancia en peso h5
Contraste 2: m ganancia en peso wb	= m ganancia en peso wm
Contraste 3: m ganancia en peso t71	= m ganancia en peso t60
Contraste 4: m ganancia en peso sd18	= m ganancia en peso sd17
Contraste 5: m ganancia en peso b7=	m ganancia en peso b10

Una nueva variable fue creada para tratar de disminuir las diferencias entre las granjas debido a la diferente calidad del agua y prácticas de manejo. Esta se llamó la biomasa ajustada y fue la diferencia entre rendimiento de biomasa por estanque y el rendimiento promedio de la granja. Un análisis de regresión lineal simple se usó para construir un modelo lineal que explicara la variación en el rendimiento de los estanques de granjas en función de la ganancia en peso de los camarones en el laboratorio. En este análisis, la biomasa ajustada del estanque fue introducida como la variable dependiente mientras que la ganancia en peso promedio del tratamiento experimental se usó como variable independiente. Este análisis fue realizado para los periodos del día 1 a 30, del 31 al 80 y del 1 al 80. Los dos estanques de West Texas (wb y wg), y los cuatro estanques adiciones de la granja Bower (b5, b8, b14, y b25) fueron excluidos de este análisis. Debido a que no estuvieron disponibles los datos completos West Texas, esta granja no se incluyó en el análisis de regresión. Los 4 estanques adicionales de la granja Bower se excluyeron, porque sólo los estanques de las granjas con mejores y peores rendimientos fueron considerados. Un análisis de varianza de una vía se realizó sobre la tasa de sobrevivencia del día 1 al 80.

El área superficial de las partículas del suelo fue medida en 4 replicados con un analizador de partículas láser (Malvern system 3601, Malvern, England). Se realizó una regresión lineal simple para probar si la textura del suelo era un factor que influía en el crecimiento del camarón. En el análisis de regresión, la ganancia de peso promedio se utilizó como variable dependiente y el área promedio de la superficie de la partícula (m²/cc) se usó como variable independiente. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software SPSS (Norusis 1993).

RESULTADOS

La temperatura varió entre 23.9 y 32.8oC con un promedio de 30oC. Los niveles promedio de pH, NH₄⁺-N, y NO₂⁻-N durante el experimento variaron de 8.04-8.16, 0.09-0.32 ppm, y 0.04-0.06 ppm, respectivamente (Tabla 1). Los valores de F obtenidos en los análisis de varianza de los niveles de pH, NH₄⁺-N, y NO₂⁻-N entre tratamientos fueron de 0.37 (P = 0.979), 1.02 (P = 0.439), y 0.45 (P = 0.952), respectivamente.

La ganancia en peso para los 15 tratamientos en los días 31, 51 y 80 varió de 4.38-4.92, 10.42-11.35, y 13.75-16.04 g, respectivamente (Tabla 2). La tasa de crecimiento para los días 0 a 30, 31 a 50 y 51 a 80 variaron de 1.02-1.14, 1.83-2.04 y 1.06-1.53 g/semana, respectivamente.

Tabla 1. Niveles promedio de nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y pH para

grupos de suelo del día uno al día 80 (t = Taiwan Village, wb y wg = West Texas, estanque “malo” y estanque “bueno” respectivamente, b = Bowers Shrimp Farm, h = Harlingen Shrimp Farm, sd = Southern Star Shrimp Farm row d, y fd = fondo sin sustrato).

Promedio + DS			
Tratamiento	Amonio (ppm)	Nitritos (ppm)	pH
t71	.09 + .043	.05 + .016	8.14 + .136
t60	.10 + .048	.05 + .011	8.14 + .119
wg	.14 + .115	.05 + .026	8.12 + .115
wb	.15 + .134	.06 + .026	8.12 + .114
h7	.11 + .071	.06 + .022	8.13 + .128
h5	.11 + .071	.06 + .028	8.12 + .125
sd18	.09 + .044	.05 + .018	8.14 + .115
sd17	.09 + .044	.05 + .013	8.16 + .116
b7	.25 + .356	.05 + .034	8.04 + .147
b10	.24 + .334	.05 + .019	8.09 + .141
b8	.32 + .496	.04 + .017	8.08 + .134
b14	.14 + .123	.05 + .028	8.11 + .137
b5	.12 + .050	.04 + .017	8.05 + .127
b25	.13 + .098	.05 + .024	8.12 + .106
fd	.12 + .072	.06 + .039	8.13 + .123

Los valores F obtenidos en análisis de varianza de una sola vía entre grupos (tratamientos) para la ganancia en peso del día 1 al 80 y del día 1 al 30 fueron 2.22 (P = 0.013) y 1.91 (P = 0.036), respectivamente (Tabla 3). Los valores de la prueba de Levene para la homogeneidad de varianza dentro de los grupos para los días 1 al 80 y para los días 1 al 30 fueron 0.66 (P = 0.807) y 1.43 (P = 0.156). Dado que en ambos casos la prueba de Levene indicó una homogeneidad de varianza dentro de los tratamientos, se aplicó una prueba de t para varianza mancomunada.

Tabla 2. Ganancia de peso promedio para juveniles de *Penaeus vannamei* (+ DE) por grupo de suelo a los días 30, 51 y 80 (t = Taiwan Villaje,

wb y wg = West Texas, estanque “malo” estanque “bueno”, respectivamente, b = Bowers Shrimp Farm, h = Harlingen Shrimp Farm, sd = Southern Star Shrimp Farm row d, y fd = fondo sin sustrato).

Tratamiento (Replicados)	Ganancia de peso promedio Día 30 (g)	Ganancia de peso promedio Día 51 (g)	Ganancia de peso promedio Día 80 (g)
t71 (7)	4.6 + 0.25	11.0 + 0.51	15.5 + 0.72
t60 (7)	4.5 + 0.22	10.4 + 0.63	13.8 + 1.40
Wb (7)	4.9 + 0.18	11.4 + 0.87	15.9 + 0.95
Wm (7)	4.4 + 0.37	10.8 + 0.45	14.8 + 0.66
H7 (7)	4.7 + 0.45	11.1 + 0.50	15.6 + 1.03
H5 (7)	4.5 + 0.19	10.5 + 0.82	14.3 + 0.98
Sd18 (6)	4.7 + 0.42	11.0 + 0.84	15.4 + 1.19
Sd17 (6)	4.5 + 0.11	10.5 + 0.58	14.7 + 1.01
B7 (7)	4.9 + 0.41	11.2 + 0.48	15.6 + 1.09
B10 (7)	4.6 + 0.35	11.3 + 0.45	15.0 + 1.19
B8 (7)	4.9 + 0.18	11.3 + 0.62	16.0 + 0.81
B14 (7)	4.6 + 0.24	10.8 + 0.78	15.3 + 1.42
B5 (6)	4.7 + 0.36	10.6 + 0.39	15.1 + 1.52
B25 (6)	4.7 + 0.34	10.7 + 0.71	15.1 + 0.92
Fd (6)	4.9 + 0.15	10.5 + 0.70	14.6 + 1.07

Tabla 3a. Resultados del análisis de varianza de una vía para la ganancia en peso del día 1 al día 80 para 15 grupos de juveniles de *Penaeus vannamei*.

Fuente	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Prob.de F
Entre grupos	14	36.5143	2.6082	2.2166	.0132
Dentro de los grupos	85	100.0134	1.1766		
Total	99	136.5277			

Prueba de Levene para homogeneidad de varianza

Estadística	gl1	gl2	Significancia de 2 colas
0.6594	14	85	0.807

Tabla 3b. Resultados del análisis de varianza de una vía para la ganancia en peso del día 1 al día 30 para 15 grupos de juveniles de *Penaeus vannamei*.

Fuente	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Prob. de F
Entre grupos	14	2.4165	.1726	1.9129	.0360
Dentro de los grupos	85	7.6698	.0902		
Total	99	10.0863			

Prueba de Levene para homogeneidad de varianza

Estadística	gl1	gl2	Significancia de 2 colas
1.4318	14	85	0.156

Tabla 3c. Resultados del análisis de varianza de una vía realizado para la ganancia en peso del día 31 al día 80 para 15 grupos de juveniles de *Penaeus vannamei*.

Fuente	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Prob. de F
Entre grupos	14	24.8186	1.7728	1.4521	.1477
Dentro de los grupos	85	103.7671	1.2208		
Total	99	128.5856			

Prueba de Levene para homogeneidad de varianza

Estadística	gl1	gl2	Significancia de 2 colas
1.1241	14	85	0.350

Los resultados del día 1 al 80 para las pruebas de t y sus correspondientes valores de P para un significado de una cola en el caso de los contrastes uno a 5 fueron los siguientes (Tabla 4a).

ganancia en peso h7	>>	m ganancia en peso h5,	t = 2.353 (P = 0.0105)
ganancia en peso wg	>>	m ganancia en peso wb,	t = 1.812 (P = 0.0365)
ganancia en peso t71	>>	m ganancia en peso t60,	t = 3.084 (P = 0.0015)
ganancia en peso sd18	>>	m ganancia en peso sd,	t = 17 0.969 (P = 0.1775)
ganancia en peso b7	>>	m ganancia en peso b10,	t = 1.068 (P = 0.1440)

Tabla 4a. Análisis de contrastes de varianza mancomunadas estimadas del día 1 al 80 (t = Taiwan Village, wb y wg = West Texas, estanque “malo” y

estanque “bueno” respectivamente, b = Bowers Shrimp Farm, h = Harlingen Shrimp Farm y sd = Southern Star Shrimp Farm renglón d).

Contraste	Valor	Error Est.	Valor T	G.L.	Significancia de 2 colas
h7 >> h5	1.4	0.58	2.35	85	0.021
wg >> wb	1.1	0.58	1.81	85	0.073
t71 >> t60	1.8	0.58	3.08	85	0.003
sd18 >> sd17	0.6	0.63	0.97	85	0.355
b7 >> b10	0.6	0.58	1.07	85	0.288

Los resultados de las pruebas t y sus valores P correspondientes para los días 1 al 30, para una significancia de una cola en los contrastes 1 al 5 fueron como sigue (Tabla 4b):

ganancia en peso h7	>>	m ganancia en peso h5,	t = 1.24 (P = 0.109)
ganancia en peso wg	>>	m ganancia en peso wb,	t = 2.978 (P = 0.002)
ganancia en peso t71	>>	m ganancia en peso t60,	t = 0.483 (P = 0.315)
ganancia en peso sd18	>>	m ganancia en peso sd1,	t = 7 0.983 (P = 0.164)
ganancia en peso b7	>>	m ganancia en peso b10,	t = 1.533 (P = 0.065)

Tabla 4b. Análisis de contrastes de varianzas mancomunadas estimadas del día 1 al 30 (t = Taiwan Village, wb y wg = West Texas, estanque “malo” y estanque “bueno” respectivamente, b = Bowers Shrimp Farm, h = Harlingen Shrimp Farm y sd = Southern Star Shrimp Farm renglón d).

Contraste	Valor	Error S.	Valor T	G.L.	Significancia de 2 colas
h7 >> h5 0.2	0.16	1.24	85	.219	
wg >> wb	0.5	0.16	2.98	85	.004
t71 >> t60	0.1	0.16	0.48	85	.630
sd18 >> sd17	0.2	0.17	0.98	85	.328
b7 >> b10	0.3	0.16	1.53	85	.129

El análisis de varianza de una sola vía para los animales excluidos en el día 30 produjo una $F = 1.879$ ($P = 0.040$). La prueba de Levene para homogeneidad de varianza dentro de los grupos de los animales excluidos fue 2.62 ($P = 0.003$) y los contrastes de la prueba de t para varianza separadas con sus correspondientes valores de probabilidad P para dos colas fueron como sigue (Tabla 4c):

m animales excluidos de h7	= m animales excluidos de h5;	t = -0.615 (P = 0.554)
m animales excluidos de wg	= m animales excluidos de wb;	t = -1.531 (P = 0.178)

m animales excluidos de t71 = m animales excluidos de t60; t = 0.275 (P = 0.790)
 m animales excluidos de sd18 = m animales excluidos de sd; t = 17 0.959 (P = 0.372)
 m animales excluidos de b7 = m animales excluidos de b10; t = -0.811 (P = 0.440)

Tabla 4c. Análisis de contrastes de varianzas separadas estimadas para el valor del peso promedio de los animales excluidos (t = Taiwan Village, wb y wg = West Texas, estanque “malo” y estanque “bueno” respectivamente, b = Bowers Shrimp Farm, h = Harlingen Shrimp Farm y sd = Southern Star Shrimp Farm renglón d).

Contraste	Valor	Error Est.	Valor T	G.L.	Significancia de 2 colas
h7 = h5	0.25	0.41	0.62	8.7	.554
wg = wb	0.98	0.64	1.53	5.9	.178
t71 = t60	-0.19	0.71	-0.28	8.2	.790
sd18 = sd17	-0.32	0.49	-0.96	6.4	.372
b7 = b10	0.62	0.39	0.81	8.4	.440

La relación entre las biomásas ajustadas por granja y la ganancia en peso promedio en el experimento puede describirse por los siguientes modelos lineales:

Del día 1 al 30, biomasa ajustada = -35541.0 + 7695.2 x (ganancia en peso en el experimento), r = 0.73 (P = 0.041) (Figura 1).

Del día 31 al 80, biomasa ajustada = -19612.3 + 1991.1 x (ganancia en peso en el experimento), r = 0.83 (P = 0.010) (Figura 2).

Del día 1 al 80, biomasa ajustada = -26102.4 + 1750.7 ganancia en peso en el experimento, r = 0.88 (P = 0.0041) (Figura 3).

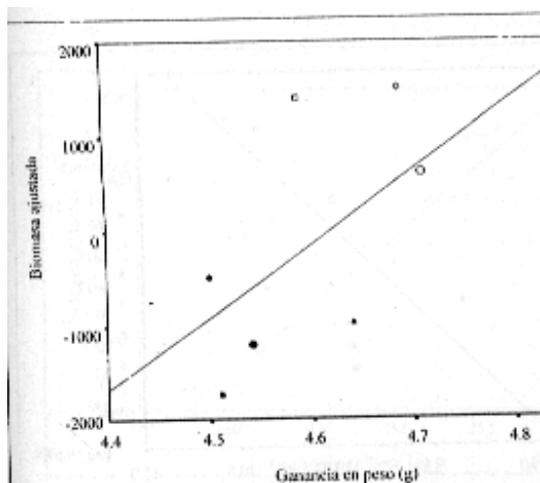


Figura 1. Biomasa ajustada por granja vs la ganancia en peso experimental para juveniles *Penaeus vannamei* del día 1 al 31.

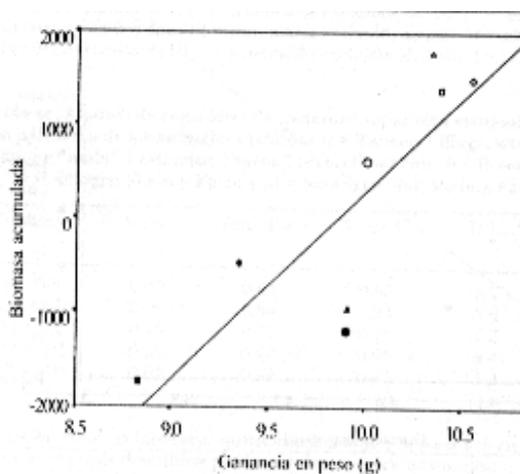


Figura 2. Biomasa ajustada por granja vs ganancia en peso experimental para juveniles *Penaeus vannamei* del día 31 al 80.

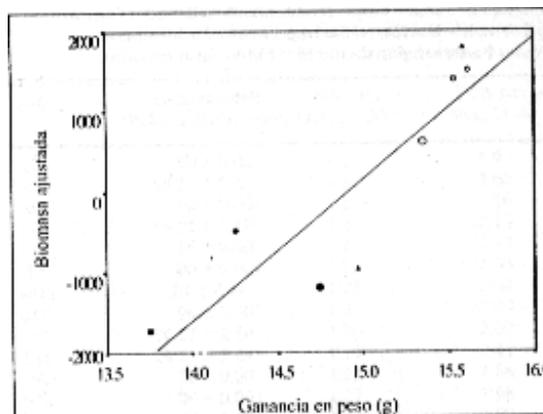


Figura 3. Biomasa ajustada por granja vs la ganancia en peso experimental de juveniles *Penaeus vannamei* del día 1 al 80.

Las ganancias promedio de peso del día 1 al 80 para los tratamientos con sustratos de estanques “buenos”, de estanques “malos” y los tratamientos sin sustrato (control) fueron 15.6, 14.5 y 14.6 g respectivamente. La ganancia promedio para estanques “buenos” fue estadísticamente mayor que para el tratamiento control, mientras la ganancia no fue estadísticamente diferente entre los tratamientos control y estanques “malos” ($P = 0.836$).

El análisis de varianza de una vía para la tasa de sobrevivencia del día 1 al 80 resultó en una $F = 0.695$ ($P = 0.774$). La sobrevivencia promedio por grupo varió entre 94.5-100% (Tabla 5).

La tasa de conversión alimenticia (TCA) para los 15 tratamientos para el periodo del día 1 al 30, 31 a 51, 52 al 80, y del 1 al 80, varió de 1.12 a 1.25, 1.19 a 1.41, 1.86 a 2.66, y 1.39 a 1.62, respectivamente (Tabla 6). La ganancia en peso fue estadísticamente independiente del área superficial de las partículas del suelo ($F = 0.003$; $P = 0.9604$).

Tabla 5. Porcentaje promedio de sobrevivencia de juveniles de *Penaeus vannamei* por grupo de suelo del día 1 al 80 (t = Taiwan Village, wb y wg = West Texas, estanque “malo” y estanque “bueno” respectivamente, b = Bowers Shrimp Farm, h = Harlingen Shrimp Farm, sd = Southern Star Shrimp Farm renglón d, and fd = fondo sin sustrato).

Grupo	Porcentaje de sobrevivencia (+ DS)
t71	100.0 + 00
t60	95.2 + 12.62
wb	100.0 + 00
wm	95.2 + 12.62
h7	100.0 + 00
h5	100.0 + 00
sd18	94.5 + 13.7
sd17	100.0 + 00
b7	95.2 + 12.62
b10	95.2 + 12.62
b8	100.0 + 00
b14	100.0 + 00
b5	100.0 + 00
b25	100.0 + 00
fd	100.0 + 00

Tabla 6. Tasa de conversión alimenticia promedio para juveniles de *Penaeus vannamei* por grupos de suelo del día 1 al 30, 31 a 51, 52 a 80, y 1 a 80. (t = Taiwan Village, wb and wg = West Texas, estanque “malo” y estanque “bueno” respectivamente, b = Bowers Shrimp Farm, h = Harlingen Shrimp Farm, sd = Southern Star Shrimp Farm renglón d, and fd = fondo sin sustrato).

Grupo	TCA para días 1-30	TCA para Días 31-50	TCA para Días 51-80	TCA para días 1-80
t71	1.20	1.22	1.97	1.43
t60	1.22	1.33	2.66	1.62
wb	1.13	1.21	1.96	1.40
wm	1.25	1.24	2.18	1.50
h7	1.17	1.23	1.97	1.42
h5	1.22	1.32	2.34	1.56
sd18	1.17	1.25	2.04	1.45
sd17	1.21	1.33	2.07	1.51
b7	1.12	1.26	2.00	1.43
b10	1.17	1.19	2.41	1.49
b8	1.13	1.23	1.86	1.39
b14	1.19	1.27	1.98	1.46
b5	1.17	1.33	1.99	1.48
b25	1.18	1.31	2.00	1.47
fd	1.12	1.41	2.16	1.52

A partir de los valores de probabilidad P obtenidos mediante los análisis de varianza de una vía para los niveles de pH, NH₄⁺-N, y NO₂⁻-N entre grupos P = 0.979, P = 0.439 y P = 0.952, respectivamente, se concluye que ninguno de estos parámetros de calidad de agua puede explicar la variabilidad en este experimento de crecimiento.

A partir de los análisis de varianza de una vía para la ganancia en peso del día 1 al 30 y del 1 al 80 se concluyó que la ganancia en peso promedio real de los juveniles de *P. vannamei* fue diferente entre suelos (P = 0.036 y P = 0.013, respectivamente). Dado que nuestra suposición fue que el estanque con el nivel de producción más alto en granja pudiera desempeñarse mejor, que el estanque con un nivel de producción menor en condiciones controladas, los contrastes fueron formulados como una prueba de t de una sola cola. Dado que la prueba de Levene indicó una igualdad de varianzas entre tratamientos los contrastes fueron probados con la prueba de t usando las varianzas mancomunadas.

Los resultados de los contrastes de la prueba t para los días 1 al 30 indicaron tasas de ganancia en peso significativamente diferentes lo cual coincide con los resultados obtenidos en la West Texas y Bowers Shrimp Farms-2.978 (P = 0.002) y 1.533 (P = 0.065), respectivamente. La misma tendencia, aunque estadísticamente no significativa fue observada para Harlingen

Shrimp Farm, Southern Star Shrimp Farm, y Taiwan Shrimp Village—1.240 (P = 0.110), 0.983 (P = 0.164), y 0.483 (P = 0.315) respectivamente.

Los resultados de los contrastes de la prueba t para los días 1 al 80 indicaron diferencias estadísticas en las tasas de ganancia de peso, lo cual coincide con los resultados obtenidos en Harlingen Shrimp Farm, West Texas and Taiwan Shrimp Village—2.353 (P = 0.0105), 1.812 (P = 0.0365), y 3.084 (P = 0.0015), respectivamente. La misma tendencia, aunque estadísticamente no significativa se obtuvo para las granjas Southern Star and Bowers shrimp farms—0.969 (P = 0.1775), y 1.068 (P = 0.1440), respectivamente.

Entre los días 31 y 80 no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos [F = 1.452 (P = 0.148)]. Dado que la prueba de F no indicó diferencias estadísticamente significativas, la prueba para contrastes al interior de las granjas no procedió. Sin embargo, durante este tiempo la ganancia en peso para b7, h7, sd18, t71, y wg, fue mayor que la ganancia en peso para b10, h5, sd17, t60, y wb respectivamente; esa es la misma tendencia que la obtenida para los días 1 al 30 y 1 al 80.

El resultado del análisis de varianza de una vía para los animales excluidos en el día 30 es una F = 1.879 (P = 0.040), indicando que entre los 15 tratamientos al menos dos grupos no eran iguales. Sin embargo, los contrastes de la prueba de t para varianzas separadas indicaron que el peso promedio por animal excluido de los grupos b7, h7, sd18, t71, y wg eran iguales al peso promedio de los animales excluidos de los grupos b5, h5, sd17, t60, y wb respectivamente, con los correspondientes valores de probabilidad P- (P = 0.440), (P = 0.554), (P = 0.372), (P = 0.790), y (P = 0.178), respectivamente.

Adicionalmente, el análisis de regresión indica que una asociación lineal existía entre la ganancia en peso experimental y la biomasa ajustada, del día 1 al 30, del 31 al 80, y del 1 al 80— $r = 0.73$ (P = 0.041), $r = 0.83$ (P = 0.010), y $r = 0.88$ (P = 0.004), respectivamente. Las prácticas de manejo y el suministro de agua en este experimento fueron las mismas para los 15 tratamientos. Consecuentemente, a partir de las pruebas t de los contrastes antes mencionados y de los análisis de regresión se pudo concluir que el suelo es un factor que afecta el crecimiento de los juveniles *P. vannamei*.

No hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la sobrevivencia entre los 15 tratamientos del día 1 al 80 (P = 0.774). La falta de significancia en el análisis de regresión para la ganancia en peso vs el área superficial de las partículas de suelo [F = 0.003 (P = 0.9604)] sugiere que no existe asociación entre la distribución del tamaño de partícula del suelo, y la ganancia en peso de los animales experimentales. De ahí que, se concluya que bajo nuestras condiciones, la textura del suelo no fue un factor que pudiera afectar el crecimiento de los camarones juveniles considerando los suelos evaluados

DISCUSION

Los parámetros de calidad de agua observados en éste experimento no pudieron tener ningún efecto adverso en el crecimiento y la sobrevivencia de los camarones como se esperaba de acuerdo a investigaciones previas (Wickins 1976; Chin y Chen 1987; Chen y Chin 1988).

Adicionalmente, no se encontraron diferencias estadísticas en la calidad del agua entre los 15 tratamientos.

El crecimiento de los camarones en el experimento fue elevado, especialmente para el periodo entre los días 31-51, donde el crecimiento semanal varió de 1.83-2.04 g/semana. La ganancia de peso promedio para los tanques con sustrato de los estanques “buenos” fue significativamente mayor que la de los estanques control y “malos”; la ganancia en peso promedio de los tanques control sin sustrato y de tanques con sustrato de estanques “malos” en este experimento no fue significativamente diferente.

Pruder et al. (1992) y Bray y Lawrence (1993) encontraron que *P. vannamei* crecía mejor en fondos arenosos que en arcillosos. Los últimos hipotetizaron que el menor crecimiento sobre fondos arcillosos podría deberse a una mayor turbidez en la columna del agua, y sugirieron que las partículas de arcilla suspendidas, al bloquear la luz, reducían la fotosíntesis y por lo tanto alteraban la cadena alimenticia. El nivel de intensidad de la luz en nuestro laboratorio fue muy bajo. Consecuentemente es muy probable que las diferencias en turbidez para los diferentes grupos de suelos no influenciaran en la producción de fitoplancton y de esa manera no se encontró asociación entre la ganancia en peso y la composición del tamaño de partícula.

Dall et al. (1990) en una revisión de literatura describieron como el material microbiológico y detritico constituye parte del hábitat alimenticio de los camarones. Harris (1993), en una revisión de la microflora del tracto digestivo de los invertebrados acuáticos, sugirió que asociaciones tales como incubación, contribución de enzimas y/o nutrientes y parasitismo existen entre los invertebrados acuáticos y los microbios del tubo digestivo, y menciona que los géneros más comúnmente aislados son: *Vibrio* y *Pseudomonas*, seguidos por *Flavobacterium*, *Micrococcus* y *Aeromonas*. Phillips (1984) mencionó que, al contrario de las bacterias que carecen de ácidos grasos poliinsaturados y esteroides importantes en la dieta de los invertebrados acuáticos, los protozoarios son abundantes y pueden servir como intermediarios en la cadena alimenticia de detritos. Este autor también sugiere que las bacterias pueden servir como una fuente de aminoácidos o vitaminas esenciales, como es el caso de las comunidades microbianas en rumiantes. Yasuda y Kitao (1980) encontraron que *Pseudomonas* era el género más común en el tracto digestivo de *Penaeus japonicus* capturado en medio silvestre, o cultivado y en buen estado de salud, así como en los sedimentos donde ellos vivían. Sin embargo en el estudio de Yasuda y Kitao (1980), *Aeromonas* y *Vibrio* fueron los géneros dominantes en el tracto digestivo de camarones con pobre crecimiento. Dempsey et al. (1989) encontraron que la biomasa de bacterias en el intestino fue más grande que en el estómago de *P. aztecus* y *P. setiferus*, y atribuyeron esto a las bacterias que se adhieren en la superficie del intestino posterior. Ellos sugieren que el rápido crecimiento de estas bacterias podría ser de mucha importancia, ya que el tracto digestivo del camarón es relativamente corto. En el presente experimento, cuando los animales fueron retirados de sus tanques para estimar su peso, el color de las heces de los camarones de los tanques sin sedimento fue similar al color del alimento. Sin embargo, el color de las heces de los camarones de los tanques que contenían suelo en el fondo tenían un color definitivamente más oscuro. Esto sugiere que *P. vannamei* obtiene parte de su alimento directamente del suelo. El hecho de que algunas veces la acumulación de heces en los tanques sin

substrato se redujera drásticamente (observación personal) sugiere que *P. vannamei* estaba pastoreando sobre los microbios que crecen en las heces. Adicionalmente, al final del experimento también se observaron diferencias en la coloración de los animales entre algunos tratamientos. Esto es, los animales cultivados en substrato de suelo de las granjas Bowers y Harlingen fueron más oscuros que los animales de los otros grupos.

En este estudio la TCA para todos los tratamientos, del día 1 al 80, varió de 1.39 a 1.62 con un promedio de 1.48 aunque la contribución de la productividad natural fue mínima debido a la ausencia de luz solar directa. Por otro lado, los valores de las granjas de camarones de Texas, dieron valores de TCA por arriba de 2.0. Estos hallazgos sugieren la posibilidad de una sobrealimentación en las granjas. De ahí que es muy importante que los acuacultores de Texas reevalúen su manejo de alimento. Podría ser posible reducir los costos del alimento y las descargas contaminantes al mismo tiempo.

Debido al funcionamiento de aireadores de paletas en los cultivos intensivos de camarón, el fondo de los estanques fue caracterizado por una acumulación heterogénea de material orgánico (observación personal). Similarmente, se presenta una gran variación en el nivel de carbón en el suelo de estanques para peces como se observó en Honduras (Ayub et al., 1993).

Los ciclos biogeoquímicos afectan directamente el crecimiento de los camarones, afectando los niveles de químicos y de la fauna que puede desarrollarse en el suelo. Hasta ahora los acuacultores han enfocado su atención principalmente al agua y su dinámica, viendo al suelo como una caja negra. Un esfuerzo futuro debería enfatizar el entendimiento de los factores del suelo que pueden influir en el crecimiento del camarón.

CONCLUSIONES

- El suelo es un factor que afecta el crecimiento de los camarones.
- Las diferencias en los rendimientos de biomasa entre estanques de una misma granja pueden ser explicadas, al menos en parte, por diferencias en sus suelos.
- El oxígeno disuelto, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y el pH no fueron diferentes entre todos los tratamientos.
- El peso promedio en los tanques con substrato proveniente de los estanques “buenos” fue significativamente mayor que el de los tanques control y “malos”; la ganancia en peso promedio en los tanques control y “malos” no fue significativamente diferente.
- Aunque los *P. vannamei* fueron alimentados con una dieta artificial completa, hay una interacción entre el suelo y la utilización del alimento.
- Los niveles de TCA sugieren una sobrealimentación en algunas de las granjas de camarón.

Para incrementar la producción de camarón se requiere de más información acerca de las relaciones entre el crecimiento de los camarones y las propiedades del suelo de los estanques.

LITERATURA CITADA

- Ayub, M. , Boyd, C. E. and Teichert, C. D. 1993. Effects of urea application, aeration, and drying on total carbon concentrations in pond bottom soils. *The Prog. Fish-Culturist*, 55:210-213.
- Aziz, K. A. and Greenwood, J. G. 1982. Response of juvenile *Metapenaeus bennettiae* Reek & Dall, 1965 (Decapoda, Penaeidae) to sediments of differing particle size. *Crustaceana*, 43(2):121-126.
- Bagchi, S. , Haque, A., and Acharjee, S. 1990. Effect of pond soil on fish. *Environ. and Ecol.*, 8(3):1037-1038.
- Banerjea, S. M. 1967. Water quality and soil condition of fish ponds in some states of India in relation to fish production. *Ind. J. Fish.*, 14:113-144.
- Boddeke, R. 1983. Survival strategies of penaeid shrimps and their significance for shrimp culture. pp. 514-523 In: G. Rogers, R. Day and A. Lim eds., *Proceedings of the First International Conference on Warmwater Aquaculture Crustacea*. Brigham Young University, Laie, Hawaii, 9-11 February, 1983.
- Boyd, C. E. 1989. Water quality management and aeration in shrimp farming. *Fisheries and Allied Aquaculture Departmental Series No. 2*, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, 83 p.
- Boyd, C. E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 482 p.
- Bray, W. A. and Lawrence, A. L. 1993. The effect of four substrates on growth and survival of *Penaeus vannamei* at two salinities. *Ciencias Marinas*, 19(2):229-244.
- Chen, J. C. and T. S. 1988. Acute toxicity of nitrate to tiger prawn, *Penaeus monodon* larvae. *Aquaculture* 69:253-262.
- Chien, Y. H. 1989. The management of sediment in prawn ponds. In: *Proc. III Brazilian Shrimp Farming Congress*. Joao Pessoa-PB, Brazil.
- Chien, Y. H. , Lai, H. T., and Chang, S. K. 1989. The effect of using steel-making waste slags as substrates on shrimp *Penaeus monodon* reared in aquaria. *Asian Fish. Sci.*, 2:147-161.
- Chin, T. S. and J. C. Chen. 1987. Acute toxicity of ammonia to tiger prawn, *Penaeus monodon* larvae. *Aquaculture* 66:247-253.
- Dall, W. , Hill, B. J. , Rothlisberg, P. C. and Sharples, D. J. 1990. Food and feeding. Pages 315-330 in J.H.S. Blaxter and A.J. Spathward, editors. *The biology of the penaeidae*. *Advances in Marine Biology*, Vol. 27. Academic Press, New York, NY, USA.

- Dempsey, A. C., Kitting, C. L., and Rosson, R. A. 1989. Bacterial variability among individual penaeid shrimp digestive tracts. *Crustaceana*, 56(3): 266-278.
- Fuss, M. C. Jr. 1964. Observation on burrowing behavior of the pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. *Bull. Mar. Sci. Gulf. Carib.*, 14:62-73.
- Fuss, M. C. Jr. and Ogren, L. H. 1966. Factors affecting activity and burrowing habits of the pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole.*, 130:170-191.
- Harris, J. M. 1993. The presence, nature, and role of gut microflora in aquatic invertebrates: a synthesis. *Microb. Ecol.*, 25:195-231.
- Holthuis, L. B. 1980. FAO species catalogue. Vol. 1. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fish. synon.*, 125(1) 261 p.
- Liao, I. C. 1969. Study on the feeding of "Kuruma" prawn, *Penaeus japonicus* Bate. *Collected Reprints of the Tungkang Mar. Lab.*, 1969-1971, 1:17-24.
- Liao, I. C. and Chao, N. H. 1983. Development of prawn culture and its related studies in Taiwan. pp. 127-142 In: G. Rogers, R. Day and A. Lim (eds.), *Proceedings of the First International Conference on Warmwater Aquaculture-Crustacea*, Brigham Young University, Laie, Hawaii, 9-11 February, 1983.
- Moctezuma, M. A. and Blake, B.F. 1981. Burrowing activity in *Penaeus vannamei* Boone from the Caimanero-Huizache Lagoon system on the Pacific coast of Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 31(2):312-317.
- Moller, T. H. and Jones, D. A. 1975. Locomotory rhythm and burrowing habits of *Penaeus semisulcatus* (de Haan) and *Penaeus monodon* (Fabricius) (Crustacea: Penaeidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 18:61-77.
- Norusis, M. J. 1993. *SPSS for Windows Base system user's guide release 6.0*. Chicago, USA.
- Phillips, N. W. 1984. Role of different microbes and substrates as potential suppliers of specific, essential nutrients to marine detritivores. *Bulletin of Marine Science*, 35(3):283-298.
- Pruder, G. D., Duerr, E. O., Walsh, W. A., Lawrence, A. L. and Bray, W. A. 1992. The technical feasibility of pond liners for rearing Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) in terms of survival, growth, water exchange rate and effluent water quality. *Aquacul. Eng.*, 11:183-201.
- Ruello, N. V. 1973. Burrowing, feeding and spatial distribution of the school prawn *Metapenaeus macleayi* (Haswell) in the Hunter River region, Australia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*,

13:189-206.

- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 799-801.
- Spotte, S. 1979. *Fish and invertebrate culture*. John Wiley and Sons, New York, USA, 179 pp.
- Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*, 2nd ed. Bull. 167, Fish. Res. Board Can., Ottawa, 310 pp.
- Subrahmanyam, C. B. and Oppenheimer, C. H. 1969. Food preference and growth of grooved penaeid shrimp. In: H. W. Youngken, Jr. (ed.), *Food-Drugs from the Sea Proceedings 1969*. Marine Technology Society, Washington, D. C., USA, pp. 65-75.
- Wickins, J. F. 1976. The tolerance of warm-water prawns to recirculated water. *Aquaculture* 9:19-37.
- Williams, A. B. 1958. Substrate as a factor in shrimp distribution. *Limnol. Oceanogr.*, 3(3):283-290.
- Yasuda, K. and Kitao, T. 1980. Bacterial flora in the digestive tract of prawns, *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, 19: 229-234.