

Efectos de la inclusión dietaria de *Yucca schidigera*, en los parámetros de calidad del agua y producción del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

Dr. Luis R. Martínez Córdova¹, MC. Alfredo Campaña Torres¹,
MC. Lorena Bringas Alvarado¹ y MC. Marco Antonio Porchas Cornejo²

RESUMEN

El efecto de BioAqua® (extracto de la planta *Yucca schidigera*), sobre los parámetros de calidad del agua (OD, pH, N-NO₂, N-NO₃, NAT y MO) y producción (crecimiento, sobrevivencia, biomasa y FCA) del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, fue evaluado experimentalmente a nivel en finas de plástico de 4.2 m³ simulando estanques de cultivo. Se utilizaron 100 juveniles por tina con un peso inicial de 2 ± 0.2 g. Un control y tres niveles de inclusión del producto fueron evaluados: 1, 2 y 3 g/kg de alimento. Se registraron diferencias significativas en el nitrógeno amoniacal total que fue más bajo (P<0.05) en los tratamientos en que se incluyó BioAqua® y en la materia orgánica en el sedimento, que presentó los valores más altos en el control y los más bajos en el tratamiento 2 (P<0.05). El consumo de alimento fue más bajo (P<0.05) en el tratamiento 3, comparado con el 2. La sobrevivencia fue superior (P<0.05) en el tratamiento 3, comparada con el control. El crecimiento del camarón fue superior (P<0.05) en el tratamiento 2 que en los otros

Palabras clave: Volumen de riego, coberturas, fertilización, guayaba, riego, rendimiento.

Key words: *Yucca schidigera*, yuca extract, ammonia control, white shrimp, *Litopenaeus vannamei*.

Recibido: 13 de diciembre de 2007, aceptado: 5 de febrero de 2008

¹ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Rosales y Niños Héroes s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México, tel. (52) 662-2592169, correo electrónico: lmtz@guaymas.uson.mx

² Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Guaymas, Sonora, México.

tres. No se observaron diferencias (P>0.05) entre los tratamientos en la biomasa final del camarón. El factor de conversión alimenticia fue mejor (P<0.05) en el tratamiento 3, en comparación con el 1 y el control. Se concluye que la incorporación del extracto de yuca a niveles de inclusión desde 1 g/kg de alimento, tiene un efecto positivo en la concentración de NAT y materia orgánica, así como en la sobrevivencia, biomasa final y FCA del camarón.

ABSTRACT

The effect of BioAqua™ (an extract of the desert plant *Yucca schidigera*) on the water quality (DO, pH, organic matter, N-NO₂, N-NO₃, TAN and P-PO₄) and production (growth, survival, final biomass and FCR) parameters of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* was experimentally evaluated in 4.2 m³-plastic pools simulating aquaculture ponds. One hundred juveniles of 2.0 ± 0.2 g, were stocked by pool. Four level of inclusion of the product were evaluated: 0, 1, 2 and 3 g/kg of feed (Diets control, 1, 2 and 3, respectively). Significant differences were only recorded in total ammonium nitrogen (TAN) which was significantly lower (P<0.05) in all the diets using BioAqua as compared to the control and organic matter in sediment which had the highest levels (P<0.05) in the control and the lowest in treatment 2. Feed consumption was significantly lower (P<0.05) in treatment 3 as compared to treatment 2. Survival was higher in treatment 3 (P<0.05) compared to the control. Significantly higher weight gain (P<0.05) occurred in treatment 2 as compared to the other treatments. No differences in yield (P> 0.05) were found among treatments. Feed

conversion ratio was significantly lower ($P < 0.05$) in treatment 3 compared to treatment 1 and the control. It is concluded that the yucca extract at inclusion levels since 1 g/kg of feed, has a positive effect on TAN and organic matter, as well as on survival, biomass and FCR of shrimp.

INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental de la camaricultura puede ser minimizado si el sistema de cultivo y los efluentes son manejados adecuadamente. El alimento y las estrategias de alimentación son dos de los más importantes aspectos a tomar en cuenta en este contexto. El alimento no consumido es, probablemente, la principal fuente de contaminación de estanques acuícolas así como de los sistemas receptores de los efluentes (Teichert-Codington 1995; Boyd 1995; Rivera-Monroy *et al.*, 1999; Martínez-Córdova *et al.*, 2002). La sobre alimentación y la sobrefertilización, maximizan el problema debido a la mayor acumulación de materia orgánica (Millamena 1990; Martínez-Córdova *et al.*, 1998). La degradación de esta materia orgánica produce diferentes metabolitos, especialmente nitrogenados como el amonio y los nitritos. El nitrógeno amoniacal es también el principal producto de excreción de los crustáceos (Claybrook, 1983). En ambientes naturales, así como en sistemas acuícolas, el nitrógeno amoniacal puede encontrarse en forma ionizada (NH_4^+) o no (NH_3). La proporción de cada una depende principalmente del pH pero también de la temperatura, salinidad, productividad del fitoplancton y el oxígeno disuelto. En concentraciones relativamente bajas el nitrógeno amoniacal no ionizado es tóxico para muchos organismos acuícolas (Russo y Thurston 1991, Tomasso 1994, Alcaraz *et al.*, 1999), Allan *et al.*, (1999) encontraron que este compuesto causa daños en cerebro, branquias, hepatopáncreas y tiroides de *Metapenaeus macleayi* y *Penaeus monodon*. De igual manera, dichos autores reportan que bajos niveles de oxígeno incrementan los daños antes mencionados. Alcaraz *et al.*, (1999) encontraron que el nitrógeno amoniacal no ionizado y los nitritos tienen una toxicidad aguda para poslarvas de *Litopenaeus setiferus* a concentraciones tan bajas como 1 mg/l para el caso del amonio y de 5 mg/l para los nitritos.

Algunas estrategias para evitar o minimizar altas concentraciones de nitrógeno amoniacal en estanques acuícolas y ecosistemas receptores de los efluentes incluyen un adecuado manejo del recambio de agua y aireación (Martínez-Córdo-

va *et al.*, 1997); reducción de la entrada de nitrógeno por el alimento (Jory, 1995); remoción de lodo del fondo del estanque (Boyd 1995; Sandifer y Hopkins, 1996); tratamientos biológicos a través del uso de moluscos y macroalgas (Dierberg y Kiattisimkul 1996; Martínez-Córdova *et al.*, 1992), y el uso de manglares como áreas de asentamiento de nitrógeno (Rivera-Monroy *et al.*, 1999). Recientemente, algunos productos añadidos a los alimentos o al agua han sido utilizados para atrapar o transformar el nitrógeno amoniacal en metabolitos inocuos (Castille y Lawrence, 2000). Este es el caso de BioAqua®, un extracto de la planta del desierto conocida como yuca (*Y. schidigera*), el cual contiene activos similares a esteroides naturales y saponinas. Wacharonke (1994), evaluó el efecto de un producto similar (De-Odorase) para el control del nitrógeno en el metabolismo del camarón y en la calidad del agua. Kelly y Kohler (2003), reportaron el uso de un extracto de *Y. schidigera* en el control de la excreción amoniacal en bagre de canal y tilapia.

El cultivo de camarón es una actividad que ha cobrado una gran importancia en el noroeste de México, con producciones superiores a las 60,000 toneladas sólo en el estado de Sonora. Esto a pesar de que la temperatura está fuera del rango óptimo para el cultivo de camarones peneidos durante parte del otoño, el invierno e inicios de la primavera. Además, se tienen salinidades superiores a las ideales en los sistemas estuarinos de los que se surten muchas de las granjas (Martínez-Córdova *et al.*, 1998). Bajo estas condiciones se dificulta el uso de sistemas de bajo recambio de agua (ampliamente recomendados para minimizar el impacto ambiental de la actividad), ya que el oxígeno puede abatirse a niveles peligrosos y los metabolitos nitrogenados pueden incrementar sus efectos negativos para los organismos cultivados (Allan *et al.*, 1990).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión dietaria de BioAqua®, en los parámetros de calidad del agua y producción del camarón blanco del Pacífico, *L. vannamei* a nivel de microcosmos en un sistema de bajo recambio de agua y condiciones hipersalinas.

MÉTODOS

El estudio fue realizado durante 16 semanas en las instalaciones del DICTUS, Universidad de Sonora en Bahía Kino, Sonora, México.

Doce finas rectangulares de plástico de 4.2-m³ de capacidad con sedimento para simular estanques acuícolas, fueron utilizadas como unidades experimentales. En cada tina se colocaron 100 juveniles de camarón blanco del Pacífico, *L. vannamei* con un peso promedio de 2.2 ± 0.2 g (23.8 juveniles/m³). Agua hipersalina (40 ppmil), fue bombeada del estero La Cruz por medio de una bomba centrífuga, a través de tubería PVC, utilizando válvulas individuales en cada tina para mantener un recambio de agua de 5% por día. Una dieta de referencia con una composición similar a las dietas comerciales, fue formulada y producida en el laboratorio de nutrición acuícola de la Universidad de Sonora, utilizando harina de trigo (38%), harina de pescado (40.2%), harina de soya (10.4%), aceite de soya (1%), mezcla de vitaminas (1%), mezcla de minerales (1%), ácido ascórbico (0.4%), lecitina (2%) y ligadores (2%).

Los tratamientos consistieron en cuatro diferentes niveles de inclusión del extracto de yuca en la dieta de referencia y fueron evaluados por triplicado en las tinas. Estos niveles fueron: 0g/kg (dieta control), 1 g/kg (dieta 1), 2 g/kg (alimento 2), y 3 g/kg (dieta 3). Estos valores fueron seleccionados por recomendación de los productores del extracto, y con base en las experiencias en peces.

El alimento fue suministrado dos veces al día en charolas, ajustando la ración de acuerdo al consumo aparente, siguiendo las recomendaciones de Salame (1993).

Los principales parámetros de la calidad del agua fueron monitoreados en cada tina durante todo el estudio. La temperatura y el oxígeno disuelto se midieron dos veces al día (0600 y 1300 h); la salinidad y el pH fueron registrados diariamente. Las mediciones se realizaron mediante un termómetro de bulbo (MERCURY®), un oxímetro de membrana (YSI®), un refractómetro tipo salinómetro (SPARTAN®) y un potenciómetro portátil (ORION®), respectivamente. La materia orgánica, ortofosfatos, nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal total (TAN) fueron medidos semanalmente por espectrofotometría, utilizando un equipo programable HACH DR 4000®.

Cada semana, 15 camarones de cada tina fueron pesados individualmente en una balanza digital (SARTORIUS®) a fin de determinar el crecimiento y observar la posible presencia de enfermedades o parásitos. Posteriormente los camarones fueron regresados a sus respectivas tinas.

La sobrevivencia y biomasa finales fueron determinadas al final del experimento, al cosechar, contar y pesar todos los organismos. El factor de conversión alimenticia se determinó dividiendo el alimento consumido entre la biomasa final.

Dado que los datos fueron normales y las varianzas homogéneas, se aplicó un análisis de varianza paramétrico de una sola vía para evaluar las diferencias ($P < 0.05$) en los parámetros de calidad de agua y las variables de producción entre los tratamientos. Una prueba de Tukey fue utilizada para comparar y ordenar los promedios. El software STATGRAPHICS PLUS® fue utilizado para estos análisis.

RESULTADOS

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos respecto a la temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos y ortofosfatos (tabla 1). La temperatura promedio osciló entre 27.65 y 27.20 °C por la mañana y entre 32.14 y 33.05 °C por la tarde. La salinidad presentó valores promedio entre 44.54 y 45.60 ppmil. El oxígeno disuelto en la mañana osciló entre valores promedio de 2.72 y 3.19 mg/l y por la tarde entre 11.53 y 11.94 mg/l. El pH presentó promedios entre 8.45 y 8.68. Los nitratos promediaron valores entre 0.006 y 0.012 mg/l; los nitritos variaron en promedios de 0.99 a 1.15 mg/l y los ortofosfatos entre 1.80 y 2.10 mg/l. El nitrógeno amoniacal total fue significativamente más bajo ($P < 0.05$) en los tratamientos que incluyeron BioAqua®, con promedios entre 0.013 y 0.035 mg/l, en comparación con el control que presentó un promedio de 0.135 mg/l. Los estanques a los que se les suministró la dieta con 3 g de extracto por kg de alimento, tuvieron la mayoría del tiempo los valores más bajos, pero el promedio global no fue diferente ($P > 0.05$) con respecto a aquellos con 1 y 2 g/kg, aunque sí lo fue con respecto al control. La materia orgánica en el sedimento presentó un promedio de 1.44% en la dieta control, el cual fue significativamente superior ($P < 0.05$) al registrado en la dieta 1, que presentó un promedio de 1.09 %.

También se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a los parámetros de producción del camarón, tal como se puede observar en la tabla 2. El peso promedio final (12.5 g) y la ganancia total de peso (11.1 g), fueron superiores ($P < 0.05$) en los camarones alimentados con la dieta 2 en comparación con los de la 3 que tuvieron un peso promedio final de 11.7 g y una ganancia total de 10.5 g. La so-

	0 g/kg	1 g/kg	2 g/kg	3gkg
T °C (0600)	26.79 ± 2.6a	27.20 ± 2.7a	27.19 ± 2.5a	26.65 ± 2.5a
T °C (1300)	32.69 ± 2.4a	33.05 ± 2.1a	32.93 ± 2.3a	32.14 ± 2.2a
Salinidad (ppmil)	44.94 ± 2.6a	45.17 ± 2.8a	45.60 ± 2.8a	44.54 ± 2.4a
D.O (mg/L) 0600	2.72 ± 1.7a	2.92 ± 1.7a	2.99 ± 1.7a	3.19 ± 2.1a
D O (mg/L) 1300	11.63 ± 2.9a	11.53 ± 2.9a	11.71 ± 2.7a	11.94 ± 3.1a
pH	8.45 ± 0.1a	8.62 ± 0.2a	8.53 ± 0.1a	8.68 ± 0.1a
P-PO ₄ (mg/L)	2.27 ± 0.7a	1.80 ± 0.6a	1.86 ± 1.0a	2.07 ± 0.4a
N-NO ₂ (mg/L)	0.011 ± 0.001a	0.010 ± 0.001a	0.012 ± 0.001a	0.006 ± 0.001a
N-NO ₃ (mg/L)	0.99 ± 0.22a	1.06 ± 0.17a	1.15 ± 0.16a	1.06 ± 0.16a
TAN (mg/L)	0.135 ± 0.070b	0.033 ± 0.03a	0.035 ± 0.02a	0.013 ± 0.008a
Materia orgánica%	1.433 ± 0.24b	1.09 ± 0.24a	1.19 ± 0.58ab	1.35 ± 0.11ab

Tabla 1. Medias y desviaciones estándar de las variables de calidad de agua en los estanques de los camarones alimentados con cuatro niveles de inclusión dietaria de BioAqua®.

T = Temperatura; D. O. = Oxígeno disuelto; P-PO₄ = Ortofosfato; N-NO₂ = Nitrito; N-NO₃ = Nitrato; TAN = Nitrógeno Amoniacal Total. Las medias de las columnas con letras diferentes, fueron significativamente diferentes (P<0.05).

	0 g/kg	1 g/kg	2 g/kg	3 g/kg
Peso final (g)	13.1 ± 1.0ab	12.5 ± 0.8a	14.9 ± 0.5b	11.7 ± 1.4a
Peso ganado (g)	11.6 ± 1.3ab	11.1 ± 0.5a	13.50 ± 0.26b	10.5 ± 1.2a
Supervivencia (%)	62.2 ± 17a	71.2 ± 21bc	67.72 ± 6ab	95.72 ± 10c
Alimento consumido (kg)	1907 ± 131ab	1965 ± 90ab	2078 ± 26b	1738 ± 17a
Biomasa final (kg)	819 ± 282a	877.4 ± 228a	1001 ± 49a	1117 ± 151a
FCA	2.32 ± 0.5b	2.23 ± 0.6 b	2.07 ± 0.2ab	1.55 ± 0.2a

Tabla 2. Parámetros de producción de *Litopenaeus vannamei* alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de BioAqua®.

Las medias de las columnas seguidas de letras diferentes fueron significativamente diferentes (P<0.05). FCA = Factor de Conversión Alimenticia.

breviencia con la dieta 3 fue, en promedio, de 95.7%, significativamente mayor (P<0,05) que con la dieta control que tuvo un promedio de 62.7%. La biomasa final no presentó valores significativamente diferentes entre las dietas probadas. El consumo del alimento 3 fue de 1738 kg, valor significativamente inferior (P<0.05) al registrado con las dietas control 1 y 2, que fueron de 1907, 1965 y 2078, respectivamente. El factor de conversión alimenticia con la dieta 3, fue de 1.55, el cual resultó mejor (P<0.05) al observado para las dietas control, 1 y 2, que obtuvieron valores de 2.32, 2.23 y 2.07, respectivamente.

DISCUSIÓN

Algunos de los parámetros de la calidad del agua presentaron durante ciertos periodos del estudio, valores fuera del rango recomendado para el cultivo del camarón blanco. Por ejemplo, las salinidades superiores a 40 ppmil son reportadas por Bray *et al.*, (1993) como inadecuadas para el cul-

tivo de la especie. Las concentraciones de oxígeno por la mañana fueron ligeramente inferiores a las recomendadas para el cultivo de camarón (Teichert-Coddington, 1995; McGraw *et al.*, 2001). A pesar de lo anterior, no se observaron mortalidades masivas durante el estudio.



Figura 1. Ejemplares de *Yucca schidigera* de donde se obtiene el extracto probado.



Figura 2. Domesticación de la yuca en Baja California.



Figura 3. Pruebas químicas con el extracto de yuca.

Las bajas concentraciones de nitrógeno amoniacal registradas en los tratamientos con las dietas en que se incluyó el extracto de yuca, apoyan la eficacia del producto para disminuir las concentraciones de este metabolito en el agua, coincidiendo con lo

reportado por otros autores que trabajaron con camarones (Wacharonke, 1994), peces (Kelly y Kohler, 2003), o mamíferos (Ryan y Quinn, 1999). La forma exacta de cómo actúa este producto para disminuir la concentración amoniacal no se conoce a ciencia cierta, pero se supone que forma complejos que atrapan a los iones $\text{NH}_3\text{-NH}_4$, haciéndolos biológicamente indisponibles en la columna de agua y, por lo tanto, inocuos.

La ganancia en peso del camarón en el tratamiento 2, fue cercana a 1 g por semana, similar a la que se considera como adecuada en granjas comerciales (Clifford, 1994). En los demás tratamientos fue ligeramente inferior. La supervivencia obtenida con las dietas en que se incluyó el extracto es bastante aceptable en comparación con las que algunos autores reportan como adecuadas para propósitos comerciales e incluso la obtenida en el tratamiento con 3 g/kg de alimento, es superior (Lee y Wickins, 1992). El bajo factor de conversión alimenticia obtenido en la dieta con 3 g del extracto por kg de alimento, es consecuencia de la alta supervivencia y el bajo consumo de alimento observados en ese tratamiento. Este FCA está dentro del rango considerado económicamente aceptable en granjas comerciales de camarón (Clifford, 1994). El bajo consumo de alimento encontrado en ese tratamiento pudiera estar relacionado a un efecto negativo del extracto en cuanto a lo atractivo y palatabilidad del alimento, que se hace eviden-



Figura 4. Sistema experimental para la evaluación del extracto de yuca.

te al utilizar altas tasas de inclusión. Este efecto se vería reflejado en el menor crecimiento observado en el tratamiento 3, aunque por otro lado este menor crecimiento está también relacionado con la mayor sobrevivencia y por lo tanto, mayor densidad de camarones, en dicho tratamiento. Actualmente se está llevando a cabo un estudio para investigar este posible efecto negativo.

De acuerdo a los resultados del presente estudio, se puede concluir que la inclusión dietaria de 2 o 3 g de BioAqua® por kg de alimento del camarón blanco, *L. vannamei*, es recomendable desde el punto de vista ecológico, ya que dismi-

nuyen significativamente los niveles de nitrógeno amoniacal en el agua y pueden contribuir a minimizar el impacto de los efluentes acuícolas en los ecosistemas receptores. Sin embargo, desde el punto de vista económico, es necesario un estudio posterior para determinar cuál de los niveles de inclusión resulta más rentable a nivel de cultivos comerciales.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Agroindustrias El Álamo, S.A. de C.V. por el apoyo financiero otorgado para la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCARAZ, G., *et al.*, Acute toxicity of ammonia and nitrite to white shrimp *Penaeus setiferus* postlarvae. *J. World Aquacul Soc.*, 30, 91-97, 1999.
- ALLAN, G.L., MAGUIRE G.B. y HOPKINS, S.J., Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved oxygen levels, *Aquaculture*, 91, 265-280, 1990.
- BRAY, W.A., LAWRENCE, A.L. y LEUNG-TRUJILLO, J.R., The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei* with observation in the interaction of IHNN virus and salinity, *Aquaculture*, 122, 137-146, 1993.
- BOYD, C.E., Chemistry and efficacy of amendments used to treat water and soil quality imbalances in shrimp ponds. *Swimming through troubled waters; special session on shrimp farming*, The World Aquaculture Society, Baton Rouge Louisiana, 183-196, 1995.
- CASTILLE, F. Y A.L. LAWRENCE, Absence of interaction of micro-aid and cholesterol on growth and survival of the shrimp, *Litopenaeus vannamei*. In: *Aqua 2000. Joint Meeting of the European Aquaculture Society and the World Aquaculture Society*, European Aquaculture Society, Special publication no. 28, Nice, 113, 2000.
- CLAYBROOK, D.L., Nitrogen metabolism. In: *The biology of crustaceans*, Vol. 5 internal anatomy and physiology regulation. New York: Academic Press, 163-213, 1983.
- CLIFFORD, H.C., Semi-intensive sensation: A case of study in marine shrimp management, *World Aquaculture*, 25, 98-104, 1994.
- DIERBERG, F.E. y KIATTISIMKUL, W., Issues, impacts, and implications of shrimp aquaculture in Thailand, *Environmental Management*, 20, 649-666, 1996.
- JORY, D.E., Global situation and megatrends in marine shrimp farming, *Aquaculture Magazine*, 74-83, 1995.
- JORY, D.E., General concerns for managements of biota in progress shrimp ponds, *Aquaculture Magazine*, 26(4), 76-80, 2000.
- KELLY, A. M. Y KOHLER, C.C., Effects of *Yucca schidigera* on growth, nitrogen retention, ammonia excretion, and toxicity in channel catfish *Ictalurus punctatus* and hybrid tilapia *Oreochromis mosambicus* x *Oreochromis niloticus*, *J. World Aquacul Soc.*, 34, 156-161, 2003.
- LEE, D.O.C. y WICKINS, J.F., *Crustacean Farming, USA*: Halsted Press, Wiley, 226pp., 1992.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R., BARRAZA, R., Y ENRÍQUEZ, F., Biculture of shrimp and clams in Sonora, Mexico (fall-winter season), *J. Aquacul. Trop.* 7, 47-52, 1992.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L., *et al.*, Effect of aeration rate on growth, survival and yield of white shrimp *P. vannamei* in reduced water exchange ponds, *Aquaculture Engineering*, 16, 85-90, 1998.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L., *et al.*, Evaluation of three feeding strategies on the culture of white shrimp *Penaeus vannamei* Boone 1931 in low water exchange ponds, *Aquaculture Engineering*, 17, 21-28, 1998.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L., *El cultivo de camarones peneidos: Principios y prácticas*, México: AGT Editor, 186pp, 1999.

- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L., CAMPAÑA-TORRES, A. Y PORCHAS-CORNEJO, M., The effect of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) in low-water exchange experimental ponds, *Aquaculture. Research*, 33, 995-998, 2002.
- MCGRAW, W., *et al.*, Higher minimum dissolved oxygen concentrations increase penaeid shrimp yield in earthen ponds, *Aquaculture*, 199, 311-321, 2001.
- MILLAMENA, O.M., Organic pollution resulting from excess feed and metabolites build-up: Effect on *Penaeus monodon postlarvae*, *Aquaculture Engineering*, 9, 143-150, 1990.
- RIVERA-MONROY, *et al.*, The potential use of mangrove forest as nitrogen sinks of shrimp aquaculture pond effluents: The role of denitrification, *J. World Aquacul. Soc.*, 30, 12-25, 1999.
- RUSSO, R.G. Y THURSTON, R.V., Toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to fishes, *Aquaculture and Water Quality*, Brune, D.E. y Tomasso, J.R. (eds.), *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana, O., 58-89, 1991.
- RYAN, P. Y QUINN, T., Some beneficial effects of Yucca plant extracts in sheep and other domestic animals, *The Irish Scientist Year Book*, 1999.
- SALAME, M., Feeding trays in penaeid shrimp ponds, *Aquaculture Magazine*, 19, 59-63, 1993.
- SANDIFER, P.A. Y HOPKINS, J.S., Conceptual design of a sustainable pond-based shrimp culture system, *Aquaculture Engineering*, 15, 41-52, 1996.
- TEICHERT-CODDINGTON, D., Estuarine water quality and sustainable shrimp mariculture in Honduras, *The World Aquaculture Society Meeting*, San Diego California, 144-156, 1995.
- TOMASSO, J.R., Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals, *Rev. Fish. Sci.* 2, 291-314, 1994.
- WACHARONKE, C., Effect of Yucca schidigera extract on water quality in prawn culture, *VII AAAP Animal Science Conference*, July, 1994.

