

EVALUACION DE DIETAS NUTRICIONALMENTE DENSAS EN LA CURVINA SCIANUS OCELLATUS (RED DRUM)

D. Allen Davis, D. O. Jirsa, J. P. Lazo y C. R. Arnold

**The University of Texas at Austin
Marine Science Institute
750 Channelview Drive
Port Aransas, TX 78373
(512) 749-6810
E-mail: davis@utmsi.zo.utexas.edu**

Traducción: Roberto Mendoza Alfaro y Jesús Montemayor Leal

RESUMEN

De la misma manera que la fuente inicial de nutrientes, la manipulación del alimento es el medio más directo y efectivo para reducir la carga de estos en los sistemas de cultivo intensivo. La eficiencia en la utilización alimenticia y el manejo no solo reducen la carga de nutrientes, sino además disminuyen el costo de producción total al disminuir los gastos de nutrientes por unidad de producción. Se han venido diseñando investigaciones para desarrollar y evaluar dietas densas en nutrientes como un mecanismo para aumentar la producción y reducir el desperdicio de productos. El efecto de las dietas nutricionalmente densas (proteína y energía) sobre el crecimiento de la curvina *Scianus ocellatus* y sobre la calidad del agua en sistemas de recirculación cerrados han sido evaluados. Basándonos en los resultados observados, la manipulación de la densidad dietaria de nutrientes puede reducir la carga de estos en los sistemas de cultivo, y al mismo tiempo mejorar el crecimiento de los peces. Estudios adicionales han evaluado los efectos de varios niveles de aceite de menhaden (MFO) y de triglicéridos de cadena mediana (MCT) como fuentes de energía en las dietas nutricionalmente densas. El mayor crecimiento y la mejor tasa de conversión alimenticia fueron observados en peces alimentados con dietas que no contenían MCT, y no se encontraron diferencias significativas entre la dieta basal que contenía 5.7% de lípidos y las dietas suplementadas con MFO adicional. La incorporación de MCT en las dietas resultó en la reducción de depósitos de lípidos intraperitoneales, pero también redujo el desempeño del pez en términos de ganancia en peso y de eficiencia de conversión alimenticia. En base a estos resultados la incorporación de MCT puede contribuir a reducir el depósito intraperitoneal de lípidos, y puede resultar apropiada para la evaluación de dietas finalizadas. En función de los resultados presentes, el desarrollo de los alimentos nutricionalmente densos

puede ayudar a reducir la carga de nutrientes en los sistemas de cultivo intensivo sin afectar adversamente los costos de producción.

Palabras clave: *Scianus ocellatus*, dietas, contaminación, sistemas cerrados.

INTRODUCCION

La pesca oceánica, la mayor fuente de producción de peces, ha venido permitiendo la obtención de casi 100 millones de toneladas métricas anualmente, pero actualmente ya no es posible obtener dicha cantidad debido a la sobrepesca y presiones de contaminación (Willinsky y Champ, 1993). Al mismo tiempo, la demanda mundial de organismos acuáticos ha venido incrementándose rápidamente. En respuesta a la demanda de organismos acuáticos, combinada con la declinación de las capturas de peces marinos y mariscos, la acuicultura se ha convertido en una industria mundial de 26.5 billones de dólares en 1990 (FAO, 1992) y es actualmente el sistema de producción de alimentos con el crecimiento más rápido a nivel mundial.

Como en todos los sistemas intensivos de producción animal, existe un potencial para la contaminación. El impacto ambiental de los efluentes de estanques de sistemas de acuicultura intensiva puede llevar a la eutroficación y a la disminución de oxígeno de las aguas adyacentes, haciéndolas menos apropiadas para la acuicultura y otros propósitos (Folke y Kautsky, 1991). Los problemas potenciales asociados con el sobredesarrollo y las descargas no reguladas de desperdicios (industriales y agrícolas) en los ambientes estuarinos y sus efectos sobre los sistemas de cultivo son ejemplificados por una reducción en la producción y/o la completa eliminación de los cultivos comerciales de camarón debido a la destrucción de la biota de los sistemas estuarinos. Algunos ejemplos incluyen a Taiwan, Tailandia del Norte, China y Ecuador (Boyd y Musig, 1992; Chen et al., 1993; Liao, 1992; Twilley, 1989). Si la acuicultura marina debe desarrollarse es necesario implementar un método para mitigar los efectos ecológicos adversos.

La fuente principal de contaminantes generados en un sistema acuacultural es el alimento (Cho et al., 1991, 1994) ya sea directamente como alimento no ingerido o indirectamente como desperdicio biogénico. Esos contaminantes incluyen alimento desperdiciado, alimento sólido y desperdicios disueltos. Los efectos de esos productos sobre los sistemas acuaculturales en el medio ambiente pueden ser reducidos minimizando la generación de desperdicios o mediante la intercepción o remoción de esos productos (Battersson, 1993). Los desperdicios pueden ser removidos del agua por métodos tales como la decantación o filtración, pero los métodos más directos de control de desperdicios pueden alcanzarse mediante la manipulación de las dietas resultando en alimentos poco contaminantes.

Los alimentos poco contaminantes o alimentos nutricionalmente densos son formulados de acuerdo a los siguientes puntos: 1) el uso de materia prima altamente digestible, la cual minimiza la cantidad de heces; 2) la alta concentración de energía y nutrientes para disminuir la cantidad de alimento requerido con la finalidad de alcanzar los objetivos en crecimiento; 3) Alcanzar el nivel óptimo de energía:proteína para minimizar la excreción de compuestos nitrogenados disueltos; 4) el balance adecuado de nutrientes para optimizar su utilización y el crecimiento de

los organismos cultivados; y 5) el alimento debe ser palatable para maximizar la eficiencia de su consumo (Cho et al. 1994).

Adicionalmente, el costo del alimento por unidad de producción debe ser aceptable en la industria comercial (Kiaerskou, 1991) y el alimento debe ser procesado para alcanzar una estabilidad en el agua, adecuada para las estrategias de alimentación. El potencial para la utilización exitosa de los alimentos poco contaminantes se ha demostrado en la industria de los salmónidos lo que ha resultado en un incremento en el crecimiento de los organismos y una disminución en el desperdicio (Alsed, 1991; Kiaerskou, 1991). La reducción de la carga contaminante de los alimentos de peces se debe principalmente a una mejora en la utilización alimenticia, a una menor tasa proteína:energía (dietas altamente energéticas) y los avances en la tecnología de procesamiento de alimentos (Alsted, 1991). La utilización eficiente del alimento no solo reduce la contaminación ambiental sino que también permite disminuir el costo total de producción al disminuir el gasto de nutrientes por unidad de producción.

Conceptos similares pueden ser aplicados al cultivo de especies marinas de aguas tropicales tales como la curvina, *Sciaenops ocellatus*. Adicionalmente, la utilización de alimentos poco contaminantes en sistemas de circulación cerrada, puede reducir la carga de nutrientes y por consiguiente incrementar la capacidad de carga del sistema. Sin embargo, estas técnicas no han sido aplicadas a las especies marinas de aguas tropicales o a los sistemas cerrados. Esta investigación describe brevemente los estudios que se han venido realizando, diseñados para desarrollar y evaluar las dietas nutricionalmente densas para la producción de curvina en sistemas cerrados.

El primer objetivo fue determinar si la densidad de nutrientes de la dieta, especialmente en los niveles de energía y proteína, tenían un efecto en la calidad del agua en sistemas cerrados o sobre el crecimiento de la curvina, *Sciaenops ocellatus*.

Una descripción más detallada de los resultados y métodos utilizados para esta porción del estudio han sido publicados a manera de tesis de maestría (Jirsa, 1994). El segundo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de aceite de menhaden (Menhaden Fish Oil: MFO) y de triglicéridos de cadena mediana (Medium Chain Triglycerids: MCT) como fuentes de energía en las dietas nutricionalmente densas.

MÉTODOS

EXPERIMENTO I: EVALUACION DE LA DENSIDAD DE NUTRIENTES

Para determinar el efecto de la densidad de nutrientes sobre la calidad del agua y el crecimiento de la curvina se llevó a cabo un bioensayo con una duración de 10 semanas en dos tanques redondos de fibra de vidrio. Cada uno de esos tanques contaba con un sistema cerrado e independiente de recirculación conteniendo 220 litros de agua marina, con aireación suplementaria, bombas para airlifts y filtros. Cada filtro consistió en una cámara de sedimentación con substrato bacteriano y aireación suplementaria. Se utilizó iluminación fluorescente para proveer un fotoperiodo de 12:12 horas luz:oscuridad. El pH del agua de cultivo fue ajustado con

carbonato de sodio a medida que fue requerido para mantener un pH de 7.6 ± 0.54 . Se utilizaron juveniles de curvina de la misma generación basándose en la uniformidad de tallas. Estos fueron sembrados a densidades de 7 peces por tanque con un peso promedio de 89.2 g/pez. Una muestra inicial de los peces fue guardada para análisis bioquímicos posteriores.

Se formularon cuatro dietas prácticas para contener niveles crecientes de densidad de nutrientes incremento el contenido de proteína y energía. Las desviaciones de las tasas de proteína: energía fueron minimizadas al mantener la naturaleza práctica de las dietas. Se prepararon dietas con niveles de proteína de 32%, 36%, 40% y 44%; y 3.2, 3.4, 3.6 y 3.8 Kcal/g de energía digestible, respectivamente. El contenido de lípidos fue incrementado con el de la proteína para minimizar las diferencias en las tasas de energía:proteína (E:P) (Tabla 1). La harina de pescado-menhaden (Special Select TM, Zapata Haynie Corporation, Reedville, Ohio USA) y la harina de soya extraída con solventes (Jupe Mill Inc, West, Texas USA) fueron molidas a través de una malla #24 (0.609 mm de diámetro del orificio) antes de mezclarlas con las dietas. Los ingredientes dietarios fueron homogeneizados en una mezcladora (Hobart Corp., Troy, Ohio USA). Posteriormente se agregó agua hirviendo en la mezcla hasta lograr una consistencia apropiada para el peletizado y cada dieta fue peletizada utilizando un molino de carne con un dado de diámetro de 3mm. Las dietas fueron posteriormente secadas hasta llegar a un nivel de humedad de 8 a 10%.

Las dietas experimentales fueron asignadas aleatoriamente a cada uno de los 12 estanques para un total de tres tanques por tratamiento. Basados en observaciones visuales, los peces fueron alimentados a saciedad dos veces al día. La ingestión diaria de alimento fue registrada y la ganancia en peso fue medida cada dos semanas. Los peces fueron cosechados y congelados para análisis bioquímicos al término de las 10 semanas del bioensayo de alimentación.

No se realizaron recambios de agua durante el experimento. Únicamente se agregó agua fresca destilada para compensar las pérdidas por evaporación. Se mantuvieron niveles de Cloroquine en el agua a una concentración de 10.6 mg/l para reducir las posibilidades de infección por Amyloodinium (Lewis et al., 1988). Al final del experimento la eficiencia de conversión proteica fue determinada para cada tipo de alimento. La eficiencia alimenticia fue calculada como (ganancia en peso fresco/ ingestión del alimento en peso seco) X 100. La eficiencia de conversión proteica fue calculada como (ganancia en proteína /proteína ingerida) X 100.

La calidad del agua fue medida a lo largo de todo el experimento. El nitrógeno amoniacal total y el nitrógeno de nitritos fueron medidos tres veces a la semana, mientras que el nitrógeno de nitratos fue medido semanalmente usando métodos fotométricos (Spotte, 1979). La salinidad, temperatura y oxígeno disuelto fueron medidos tres veces a la semana. La demanda bioquímica de oxígeno (BOD5) fue medida semanalmente (Clesceri et al., 1989). La demanda química de oxígeno (DQO) fue medida utilizando viales Accu-Test DQO (Bioscience, Bethlehem, Pennsylvania USA) al principio, a la mitad y al final del experimento. Los sólidos suspendidos totales así como el fósforo total, disuelto (filtrable) y suspendido (no filtrable) fueron medidos a los días 0, 51 y 72, utilizando los métodos de Clesceri et al. (1989). El fósforo fue determinado fotométricamente (Fiske y Subbarow, 1925). Al final del bioensayo de crecimiento, la

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales (g./100g de peso seco)

Ingrediente	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Harina de Pescado Menhaden ^a	28.6	32.2	35.9	39.6
Harina de soya ^b	7.2	8.1	9	9.9
NURISH®300 ^c	7.2	8.1	9.0	9.9
Gluten de trigo ^d	3.6	4.0	4.5	4.9
Almidón de trigo ^d	46.8	40.0	33.1	26.1
Aceite de pescado ^e	1.0	2.0	3.0	4.0
Lecitina ^f	0.5	0.5	0.5	0.5
Soluble de Pescado ^b	1.0	1.0	1.0	1.0
Premezcla de Minerales Traza ^g	0.5	0.5	0.5	0.5
Premezcla Vitaminica ^b	3.0	3.0	3.0	3.0
Stay-C ⁱ	0.1	0.1	0.1	0.1
KH ₂ PO ₄ ^j	0.5	0.5	0.5	0.5
Contenido de la Fórmula:				
Proteínas	32.0	36.0	40.0	44.0
Lípidos	4.5	5.9	7.3	8.7
Energía (Kcal/g) ^k	3.2	3.4	3.6	3.8
E:P	0.100	1.094	0.090	0.086

^a Special Select TM, Zapata Haynic Corporation, Hammond, LA, USA.

^b Extraída por solventes, Jupe Mills, Inc., West, TX, USA.

^c Protein Technologies International, St. Louis, MO, USA.

^d United States Biochemical Corporation, Clevely, OH, USA.

^e Zapata Haynic Corporation, Reedville, VA, USA.

^f INC Biochemicals, Clevely, OH, USA.

^g g/Kg de la premezcla: Cloruro de Cobalto 0.004, Pentahidrato de Sulfato Cúprico 0.250, Sulfato Ferroso 4, Heptahidrato de Sulfato de Magnesio, 28.398, Monohidrato de Sulfato de Magnesio 0.650, Yoduro de Potasio .067, Selenio de Sodio 0.010, Heptahidrato de Sulfato de Zinc 13.193, Relleno 53.428.

^h g/100g de la premezcla: Tiamina-HCL 0.5, Riboflavina 3, Piridoxina HCL 1, d1 -Pantotenato de Calcio 5, Acido Nicotínico 5, Biotina 0.05, Acido Fólico 0.18, Vitamina B12 0.002, Cloruro de Colina 100, Inositol 5, Menadiona 2, Acetato de Vitamina A (20,000 IU/g) 5, Vitamina D3 (400,000 IU/g) 0.002, dl-alpha-tocoferol acetato (250 IU/g) 8, Alfa-celulosa 865.266.

ⁱ L-Ascorbyl-2-Polifosfato, Hoffman-LaRouche, Inc., Nutley, NJ, USA.

^j Spectrum Chemical Mfg. Corp., Gardendale, CA, USA.

^k Calculada en base a los valores de Energía Digestible (ED) reportados por Castro (1994) para la curvina y los valores de ED resumidos para bagre y trucha (Halver, 1989)

acumulación neta de sólidos fue determinada utilizando el siguiente procedimiento: los sólidos fueron removidos de los filtros por agitación y se raspó la superficie del sistema. Se permitió que se sedimentaran los sólidos y posteriormente fueron removidos de cada tanque y finalmente cuantificados en base seca. Las muestras de sólidos sedimentados fueron guardadas para análisis

de proteína.

Se seleccionaron tres peces de manera aleatoria tanto de la población inicial como de cada tanque al concluir el experimento y se almacenaron completos para sus análisis. Estos peces fueron homogeneizados y congelados a -10o C. La materia seca fue determinada mediante el secado de los organismos hasta alcanzar un peso constante a una temperatura de 100o C. El contenido de proteína fue determinado para los peces completos, las dietas experimentales y los sólidos sedimentados utilizando el método Micro-Kjeldhal (Ma y Zuazago, 1942). El porcentaje de lípidos para las muestras fue determinado utilizando el método descrito por Folch et al. (1957).

El crecimiento, la composición proximal de los peces y la calidad del agua fueron analizados utilizando un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para determinar las diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos y una comparación de medias por el método Student-Neuman-Keuls fue utilizada para distinguir las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El nitrógeno amoniacal total, el nitrógeno de los nitritos, el nitrógeno de los nitratos, BOD5, pH, y los datos de DO fueron analizados semanalmente promedio valores semanales para cada tanque; y para el experimento completo promediando los valores para cada tanque sobre el total del experimento. Los análisis estadísticos fueron conducidos utilizando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS Institute Inc., 1988).

EXPERIMENTO II: EVALUACION DE LOS TRIGLICÉRIDOS DE CADENA MEDIANA

Se llevaron a cabo dos bioensayos de alimentación para evaluar el efecto de diferentes niveles de MFO y MCT en dietas nutricionalmente densas para la curvina, *Scianops ocellatus*. La dieta basal fue similar a la dieta 4 (Tabla 1) pero con la inclusión de 1% MFO y 29.1% de almidón de trigo dando como resultado una dieta basal que contenía 44% de proteína y 5.7% de lípidos. Los suplementos de lípidos (Tabla 2) fueron agregados a la dieta basal reemplazando el almidón de trigo y fue llevada a cabo como se describió previamente. En el experimento IIa se utilizó un diseño factorial incompleto para evaluar la respuesta general de la curvina a los niveles dietarios de MFO y MCT. En el experimento IIb niveles bajos de MCT fueron evaluados en conjunto con niveles bajos (3%) y altos (8%) de lípidos suplementarios.

Antes de iniciar los bioensayos de alimentación, fueron seleccionados juveniles de la misma generación de curvina de talla uniforme, sembrados en un sistema de recirculación semicerrado consistente en cámaras de cultivo (105 lt), filtros de arena de fluido rápido (45-55 mm de arena de sílice), filtros biológicos y bombas de recirculación. Los peces fueron aclimatados a las condiciones experimentales durante un periodo de 7 a 10 días, durante el cual se les suministró un alimento comercial. Se estableció un fotoperiodo de 12:12 horas, luz:oscuridad. En ambos experimentos la temperatura del agua del sistema, salinidad y DO fueron mantenidas a 27 ± 2 o C, 28 ± 2 ppt y 5.9 ± 0.5 ppm, respectivamente. El nitrógeno amoniacal total, el nitrógeno de nitritos y el pH fueron medidos dos veces a la semana. En ambos experimentos los peces fueron contabilizados, pesados y las cámaras de cultivo fueron limpiadas cada semana.

Tabla 2. Suplementos lipídicos (g/100g de dieta en base seca) agregados a la dieta basal, con un contenido de 5.7% de lípidos

Dieta										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Experimento IIa										
Aceite de Menhaden ^a	0	4	8	0	0	4				
Triglicéridos de cadena mediana ^b	0	0	0	4	8	4				
Experimento IIb										
Aceite de Menhaden	0	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Triglicéridos de cadena mediana	0	0	1	2	3	4	0	1	2	3

^a Zapata Haynic Corporation, Reedville, VA, USA.

^b Stepan Food Ingredients Department, Maywood, NJ, USA, Neobee M-5 son Triglicéridos caprílico/capríco basados en ácido láurico.

Cada dieta fue suministrada a los peces en base seca dos veces al día en tanques seleccionados aleatoriamente. En el experimento IIa la alimentación inicial fue de 10% y se utilizaron 4 tanques como replicado por cada tratamiento. En el experimento IIb la tasa inicial de alimentación fue de 7% y se utilizaron 3 tanques como replicado para cada tratamiento. Las tasas de alimentación fueron ajustadas semanalmente considerando la ganancia en peso, los valores de eficiencia alimenticia y las observaciones durante la alimentación. Al finalizar el bioensayo de alimentación, se registró la ganancia en peso, la sobrevivencia y la utilización alimenticia (en base al alimento ofrecido) con la finalidad de determinar los efectos significativos de los tratamientos. Al finalizar los bioensayos de alimentación se extrajo la grasa intraperitoneal (IPF- Intra-peritoneal Fat) y se determinó la tasa IPF (peso del IPF X 100/peso corporal). En el segundo bioensayo de alimentación (IIb) se extrajo el hígado para determinar el índice hepatosómico (HSI-Hepatosomatic Index; peso del hígado X 100 / peso corporal).

Todos los datos fueron sujetos a un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para determinar diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las medias de los tratamientos, y se utilizó una prueba de comparación múltiple de Student-Neuman-Keuls para distinguir las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Los análisis estadísticos fueron realizados mediante el Sistema de Análisis Estadísticos (SAS Institute Inc. 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

RESPUESTA A LAS DIETAS NUTRICIONALMENTE DENSAS

Esta investigación fue llevada a cabo para evaluar los efectos de la densidad de los nutrientes dietarios, específicamente los niveles de proteína y energía, sobre el crecimiento y retención

proteica de la curvina y los efectos de los desperdicios resultantes en los sistemas cerrados. Las dietas experimentales fueron formuladas considerando los requerimientos de nutrientes recomendados actualmente y las formulaciones de dietas prácticas para la curvina. Para mantener una formulación práctica con un mínimo de cambios nutricionales en el perfil de los aminoácidos, tasa E:P y contenido de fibra se mantuvo constante la tasa de proteína de las fuentes utilizadas y los lípidos fueron ajustados para incrementar la energía dietaria en conjunto con los niveles de proteína. Las manipulaciones de estas dietas en combinación con la alimentación a saciedad y la utilización de peces relativamente grandes, hacía esperar que los resultados ofrecieran diferencias mínimas en las tasas de crecimiento y cargas finales de biomasa. Aunque no se registraron diferencias en el crecimiento, los pesos finales y la biomasa de los peces se incrementaron al incrementar la densidad de nutrientes de la dieta (Tabla 3).

Tabla 3. Respuesta de la curvina a las dietas experimentales ofrecidas durante un periodo de 10 semanas.^a

Dieta	Peso final(g)	Peso ganado (g)	Biomasa (g)	Sobre-vivencia (%)	Alimento suministrado ^b (g)	Proteína consumida ^c (g)	TEA ^d (%)	ECP ^e (%)
1	156.7 ^y	69.0 ^y	997.7 ^y	90.5 ^z	1221.1 ^z	392.2 ^y	38.1 ^x	20.4 ^y
2	197.4 ^z	106.6 ^{y^z}	1381.6 ^{y^z}	100.0 ^z	1399.0 ^z	492.5 ^z	53.3 ^{xy}	25.8 ^{y^z}
3	222.5 ^z	131.7 ^z	1495.4 ^{y^z}	95.2 ^z	1341.7 ^z	538.0 ^z	66.4 ^z	30.0 ^z
4	225.9 ^z	138.3 ^z	1581.2 ^z	100.0 ^z	1207.2 ^z	534.6 ^z	80.1 ^z	31.2 ^z
ESM ^f	12.0	11.9	125.6	5.2	60.0	24.5	5.7	2.3

^aMedias de tres replicados. Los números dentro de la misma columna con diferente superscript son significativamente diferentes ($P << 0.05$).

^bAlimento promedio total consumida por tanque, expresado en gramos en peso seco.

^cProteína promedio total consumida por tanque, expresada en gramos en peso seco.

^dTasa de eficiencia alimenticia estimada, basada en el promedio de peso seco del alimento consumida por pez.

^eEficiencia de conversión proteica, basada en el promedio de peso seco de la proteína consumida por pez

^fError estándar combinado

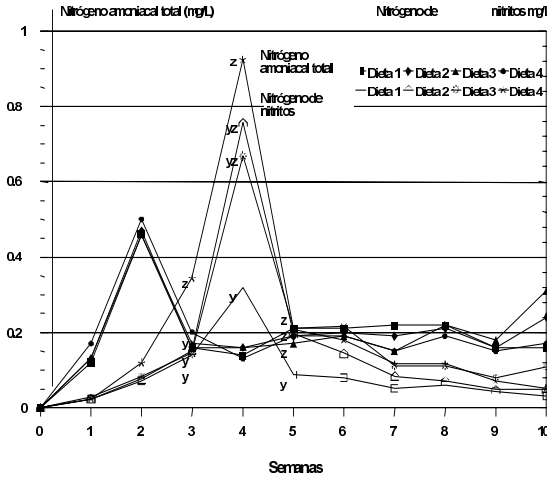
En el presente experimento no se registraron diferencias significativas en cuanto al alimento total consumido. Sin embargo, el consumo total de proteína se incrementó significativamente a medida que se incrementó la densidad de nutrientes. Este aumento se debió en gran parte al incremento en la densidad de proteína y energía de las dietas y al incremento en la talla de los peces mantenidos con dietas altas en proteína. Las tasas de eficiencia alimenticia y de eficiencia de conversión proteica también se incrementaron significativamente al aumentar la densidad de los nutrientes (Tabla 3), indicando que los peces estaban utilizando las dietas nutricionalmente

densas de manera más eficiente para el crecimiento y estaban consumiendo menos de estas dietas por unidad de biomasa. Los resultados son consistentes con los encontrados por Daniels y Robinson (1986) quienes reportaron incrementos de la utilización alimenticia a medida que se incrementaba la proteína dietaria, y Serrano et al., (1992) quienes reportaron un incremento en la eficiencia alimenticia a medida que se incrementaban los niveles de proteínas y lípidos. La eficiencia de conversión proteica evaluada en este experimento (Tabla 3) fue mayor que la reportada previamente (Daniels y Robinson, 1986). La mejor utilización alimenticia y proteica asociada con el incremento en la densidad de nutrientes de la dieta sugiere que existe menos desperdicio excretado que el que ha sido reportado por Watanabe et al., (1987) y Cho et al., (1991, 1994).

Los valores promedio iniciales de materia seca y el contenido de proteína de los peces utilizados en este experimento fueron de 31.6% y 59.4%, respectivamente. No se encontraron diferencias significativas en cuanto a materia seca, proteína o contenido de lípidos en las muestras corporales entre los tratamientos al final del experimento o en los bioensayos preliminares. La materia seca varió de 25.5% (dieta 2) a 26.5% (dieta 3). El contenido de proteína varió de 70.7% (dieta 1) a 68.5% (dieta 3). El contenido total de lípidos corporales de los peces mantenidos con las diferentes dietas varió de 16.3% (dieta 2) a 17.7% (dieta 1). Daniels y Robinson (1986) y Serrano et al. (1992) encontraron que las variaciones en la concentración de proteína dietaria no afectaban las concentraciones de proteína corporal total, pero aumentando las concentraciones dietarias de lípidos disminuía el contenido proteico corporal total y se incrementaba el depósito de lípidos. En el presente estudio no se registraron diferencias significativas en cuanto al contenido lipídico corporal indicando que las tasas de energía/proteína utilizadas estuvieron dentro de los límites de tolerancia para esta especie.

Los parámetros de calidad de agua fueron seguidos a través de todo el estudio. La salinidad, temperatura y DO fueron mantenidos a (media \pm desviación estándar): 26.2 \pm 1.4 ppt; 27.9 \pm 1.4p C; 6.2 \pm 0.4 mg/L. Los promedios semanales de nitrógeno amoniacal total, nitrógeno de nitritos, nitrógeno de nitratos y BOD5 son presentados en la Figura 1 y 2. Se presentaron máximos en el nitrógeno amoniacal total, el nitrógeno de nitritos y nitrógeno de nitratos de manera secuencial, correspondiendo a las respuestas sucesivas de las bacterias en los filtros a la carga de nitrógeno en el sistema de cultivo. El nitrógeno amoniacal total y el nitrógeno de nitritos permanecieron por debajo del máximo nivel tolerable para la curvina, y no debieron influir en el crecimiento y la sobrevivencia. Fueron observadas diferencias significativas en los valores de nitrógeno de nitritos (Fig. 1) durante las semanas 3 a 5, cuando los valores se observaron en su máximo. Durante este periodo, los altos valores de nitrógeno de nitritos correspondieron al nivel proteico de las dietas. La biomasa y el consumo de proteína total se incrementaron con el aumento en la densidad de los nutrientes, y se esperaba que tuvieran un efecto sobre la producción de nitrógeno como fue mostrado por Savitz (1971) y Savitz et al. (1977) quienes encontraron que la excreción de nitrógeno se incrementaba con el aumento del consumo de proteína. Resultados similares también han sido observados en sistemas en estanques en los cuales los niveles de nitrógeno amoniacal total y nitrógeno de nitritos se incrementaban al aumentar la biomasa, el consumo de alimento y el contenido de proteína de la dieta (Tucker y Boyd, 1979; Li y Lovell, 1992). Los valores relativamente bajos de nitrógeno de nitratos que

se presentaron en los sistemas indicaron una pérdida de este sustrato, probablemente como un resultado de desnitrificación en las áreas anaerobias locales dentro de las cámaras de cultivo. Con la excepción de los pulsos iniciales de nitrógeno, la falta de tendencias claras en estos parámetros de calidad del agua pueden ser atribuidas a la capacidad del filtro biológico para llevar a cabo efectivamente este proceso de los nutrientes y también a la variabilidad inherente de la naturaleza biológica del sistema.

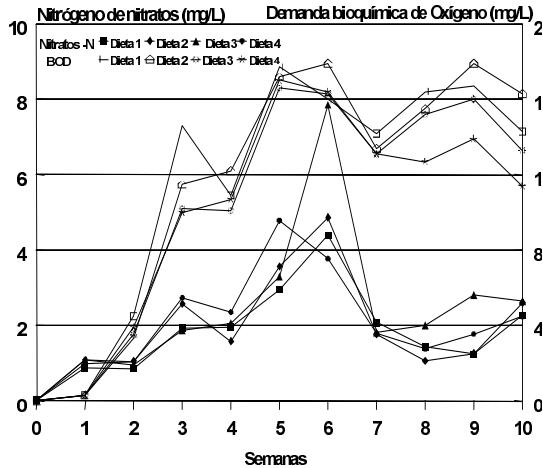


Nota: La semana 0 representa el valor inicial, el resto de los datos representa el promedio semanal

Figura 1. Valores iniciales y valores promedio semanales de nitrógeno amoniacal total y nitrógeno de nitritos para el agua de cultivo de los sistemas que recibieron los cuatro tratamientos dietarios. Los valores semanales representan el promedio de tres lecturas semanales de tres replicados (tanques). Los valores de nitrógeno de nitritos con diferentes superscripts son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

La determinación de BOD5 es una prueba empírica que mide la cantidad de oxígeno utilizado para la degradación bioquímica de la materia orgánica (Clesceri, et al., 1989). Bajo las condiciones reportadas, los valores de BOD5 se incrementaron durante la primera mitad del bioensayo experimental y posteriormente parecieron descender (Fig. 2). Un efecto significativo no pudo ser identificado en respuesta a los diferentes tratamientos dietarios lo cual pudo ser debido a la inestabilidad y eventos cíclicos asociados con el ciclo de nitrógeno y a la flora bacteriana presente en el sistema.

La demanda química de oxígeno es utilizada como una medida del equivalente en oxígeno del contenido orgánico de la materia que es susceptible a la oxidación por un oxidante químico



Nota: La semana 0 representa el valor inicial, el resto de los datos representan los valores semanales por

Figura2. Valores iniciales y valores promedio semanales del nitrógeno de nitratos y de la demanda biológica de oxígeno (BOD5) del agua de cultivo de los sistemas que recibieron los cuatro tratamientos dietarios. Los valores semanales representan en promedio de tres lecturas semanales de tres replicados (tanques). No se encontraron diferencias significativas (P- 0.05) en los valores de nitrógeno de nitratos y BOD⁵

fuerte (Clesceri, et al., 1989). Los valores de DQO obtenidos hasta el final del experimento (Tabla 4) decrecieron significativamente es cuando se incrementaba la densidad de nutrientes indicando que a medida que las dietas eran más densas en nutrientes se disminuía la DQO o el contenido orgánico total del sistema.

Las dietas experimentales utilizadas en este estudio fueron suplementadas consecuentemente con niveles fijos de fósforo inorgánico, los niveles de fósforo de las dietas se incrementaron con el aumento de proteína y el contenido energético. Aunque estas dietas no fueron formuladas para optimizar la ingestión de fósforo, se encontraron algunas diferencias entre los tratamientos dietarios en cuanto a la cantidad de fósforo presente en el agua de cultivo. El fósforo total suspendido disminuyó significativamente a medida que aumentaba la densidad de los nutrientes (Tabla 4). Alsted (1991) mostró que los peces alimentados con dietas con niveles similares de proteína excretaban diferentes cantidades de fósforo; sin embargo, Kiaerskou (1991) mostró

Tabla 4. Demanda química de oxígeno (DQO) y niveles de fósforo del agua de cultivo de los tanques conteniendo a los peces a los que les fueron suministradas las dietas experimentales^a.

Demanda química de oxígeno (mg/L)			Niveles de Fósforo en el día (mg/L)		
Dieta	Día 51	Día 70	Total	Disuelto	Suspendido
1	67.9 z	351.3 y	0.058 z	0.015 z	0.042 y
2	91.7 z	316.1 y	0.061 z	0.061 z	0.024 z
3	58.8 z	155.4 z	0.061 z	0.048 z	0.013 z
4	73.5 z	88.6 z	0.068 z	0.054 z	0.014 z
ESC	15.6	43.6	0.0094	0.0096	0.0040

^a Medias de tres replicados. Los números dentro de la misma columna con diferente superscript con significativamente diferentes ($P < 0.05$).

^b Al inicio de los experimentos, los niveles de fósforo estaban por debajo d los limites detectables para todos los tratamientos.

^c Error estándar combinado.

que los peces alimentados con dietas poco contaminantes o nutricionalmente densas tenían una menor cantidad de fósforo en las heces.

Los sólidos suspendidos no mostraron diferencias significativas (Tabla 5) lo que pudo haber sido debido al pequeño tamaño de los tanques y a la relativamente gran biomasa de los peces presentes. La actividad de los peces pudo haber provocado turbulencias que suspendieron los sólidos que ya se habían sedimentado en el fondo del tanque, incrementando potencialmente la variabilidad de los resultados. Existió un movimiento considerable de agua provocado por los filtros y piedras aireadoras lo que también pudo haber tenido un efecto sobre la cantidad de sólidos presentes en la columna de agua.

La cantidad de sólidos acumulados en los tanques al final del bioensayo de alimentación generalmente disminuyó al incrementar la densidad de nutrientes, sin embargo no se registraron diferencias significativas. Cuando la cantidad de sólidos es expresada en términos de biomasa final, la cantidad de sólidos producida por unidad de biomasa disminuyó significativamente al aumentar la densidad de nutrientes (Tabla 5), indicando que la densidad de los nutrientes de la dieta tenía un efecto sobre la cantidad de sólidos acumulados en el sistema. Estos resultados son consistentes con los encontrados por Kiaersku (1991) quien también encontró un decremento en la cantidad de sólidos producidos en el sistema cuando los peces fueron alimentados con dietas poco contaminantes.

OPTIMIZACION DE LOS SUPLEMENTOS LIPIDICOS

Los resultados indican claramente una ventaja en el uso de dietas nutricionalmente densas en términos de aumento de las tasas de crecimiento y la reducción de desperdicios.

Tabla 5. Sólidos suspendidos totales del agua de cultivo a los 51 y 70 días y acumulación neta de sólidos (expresada como: peso seco total, sólidos (g) por kg de alimento, y sólidos (g) por kg de biomasa) y contenido de nitrógeno de los sólidos colectados en los tanques al término del bioensayo de crecimiento.

Sólidos Suspendidos totales				Acumulación Neta de Sólidos		
Dieta	Día 51	Día 70 (g)	Peso Seco alimento ^b	g sólidos/kg biomasa ^c	g sólidos/kg	Nitrógeno (%)
1	252.3 ^z	146.9 ^z	308.6 ^z	252.7 ^z	319.4 ^y	2.5 ^z
2	487.5 ^z	404.4 ^z	319.6 ^z	229.6 ^z	232.2 ^{yz}	2.5 ^z
3 d	39.0 ^z	146.7 ^z	209.2 ^z	178.5 ^z	123.7 ^z	2.2 ^z
4	67.8 ^z	148.5 ^z	222.7 ^z	152.2 ^z	137.4 ^z	2.3 ^z
ESC ^e	149.6	179.5	40.3	0.026	0.03	0.34

^a Medias de tres replicados. Los números dentro de la misma columna con diferente superscript son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

^b Calculado como gramos de sólidos producidos por kg de alimento consumido.

^c Calculado como gramos de sólidos producidos por kg de biomasa de peces (peso fresco) presentes en el tanque final del experimento.

^d Los datos de los sólidos totales representan la media de dos replicados.

^e Error estándar combinado.

Sin embargo, para aumentar la densidad energética de estas dietas, los niveles de lípidos se requieren incrementar igualmente. Una desventaja potencial en el incremento de los niveles de lípidos de la dieta es la acreción de lípidos intraperitoneales, lo que puede repercutir en la calidad del producto y reducir su vida de anaquel debido a la oxidación lipídica. Los triglicéridos de cadena mediana (MCTs), principalmente C6-C12, son compuestos fisiológicamente activos que parecen ser utilizados preferencialmente como fuente de energía por las ratas y reducen el crecimiento de tejido adiposo (Lavau y Hashim, 1978; Hashim y Taatibhedyangkul, 1987). La incorporación de MCT en las dietas puede aumentar la disponibilidad de energía sin aumentar el depósito de lípidos. Consecuentemente, la segunda parte de esta investigación fue diseñada para evaluar la utilización de los MCT como fuente de lípidos en dietas nutricionalmente densas.

Se llevaron a cabo dos bioensayos de alimentación (IIa y IIb) para evaluar la respuesta biológica de la curvina a diferentes niveles de MFO y MCT suplementados en una dieta basal conteniendo 44% de proteína y 5.7% de lípidos. En el experimento IIa se utilizó un diseño factorial incompleto para evaluar la respuesta general de la curvina a los niveles dietarios de MFO y MCT. El peso final, la eficiencia alimenticia y la eficiencia en la conversión proteica fueron significativamente afectados tanto por la fuente de lípidos como por el nivel de inclusión. El incremento de los niveles de MFO resultó en diferencias mínimas en ganancia en peso y utilización alimenticia (Tabla 6) indicando que el contenido de energía de la dieta basal no era

limitante. Sin embargo, la suplementación de MCT redujo significativamente la ganancia en peso y la utilización alimenticia de los peces. Los peces a los cuales se les ofrecieron dietas conteniendo 8% de MCT o 4% de MCT y 4% de MFO crecieron mejor y utilizaron más eficientemente el alimento que aquellos que recibieron 4% de MCT. Estos resultados podrían indicar una interacción de los efectos de los niveles de MCT y el nivel lipídico total de las dietas. En el experimento Iib niveles bajos de MCT fueron evaluados en conjunto con niveles bajos (3%) y altos (8%) de lípidos suplementados en la dieta basal. En ese experimento, el nivel de los lípidos suplementados no afectó significativamente la ganancia en peso o la eficiencia de conversión alimenticia. Estos resultados están en concordancia con otros estudios que han evaluado diferentes niveles de lípidos suplementados en dietas para la curvina (Daniels y Robinson, 1986; Williams y Robinson, 1988; Ellis y Reigh, 1991; Serrano et. al., 1992). Sin embargo, la suplementación de MCT redujo significativamente la ganancia en peso y la utilización alimenticia (Tabla 8). La falta de interacciones significativas en el segundo experimento se debe presumiblemente a los menores valores de los niveles de MCT evaluado.

Tabla 6. Respuesta de la curvina a dietas prácticas con diferentes niveles de aceite de menhaden (MFO) y triglicéridos de cadena mediana (MCT) utilizados como suplementos en el experimento IIa^a.

MFO	MCT	Peso promedio final	Sobrevivencia (%)	TEA ^b	ECP ^c
0	0	41.2 ^z	89.6 ^z	113.6 ^z	45.8 ^z
4	0	41.5 ^z	91.7 ^z	113.3 ^z	45.1 ^z
8	0	44.2 ^z	91.7 ^z	114.6 ^z	46.2 ^z
0	4	9.7 ^x	87.5 ^z	41.9 ^x	17.9 ^x
0	8	32.4 ^y	93.7 ^z	101.2 ^y	39.9 ^{yz}
4	4	34.3 ^y	93.7 ^z	99.9 ^y	38.4 ^y
ESC ^d		1.75	6.54	1.96	2.06

^aMedias de tres replicados . Los números dentro de la misma columna con diferente superscript son significativamente diferentes (P << 0.05).

^bTasa de eficiencia alimenticia (TEA) basada en el peso seco promedio de alimento ofrecido a los peces.

^cEficiencia de conversión proteína (ECP) basada en el peso seco promedio de alimento ofrecido a los peces.

^dError estándar combinado.

La adición de suplementos de MFO a la dieta resultó en valores crecientes de IPF en ambos experimentos (Tabla 7 y 8) y niveles ascendentes de lípidos en las muestras corporales del experimento IIa (Tabla 7). Estos resultados confirmarían que la dieta basal no estaba carente de energía y que el incremento de los niveles de MFO facilitaba el depósito de lípidos. Sin embargo, la adición de los suplementos de MCT a las dietas resultó en valores reducidos de IPF en ambos experimentos (Tabla 7 y 8) y en la reducción de los niveles de lípidos en las muestras corporales

totales del experimento IIa (Tabla 7) al ser comparadas con dietas conteniendo MFO como la fuente lipídica. Las reducciones en las reservas de lípidos indicarían que los MCT tienen un efecto sobre el metabolismo lipídico y/o su almacenamiento.

No obstante que esta investigación no pretendía evaluar el metabolismo de los MCT, los resultados de ganancia en peso y depósito de lípidos son similares a aquellos reportados para las ratas (Horst et. al., 1961). En otras especies se ha demostrado que los MCT son rápidamente absorbidos, aún en ausencia de lipasas pancreáticas, hidrolizados en cadenas de ácidos grasos medianas y transportados vía la vena portal hacia el hígado en donde son extensivamente oxidados (Hashim y Tantibhedyangkul, 1987). Las cadenas medianas de triglicéridos no son incorporadas en los quilomicrones y por consiguiente es poco probable que sean almacenadas en los tejidos adiposos (Kennedy, 1991). Consecuentemente, han sido utilizadas en tratamientos de una variedad de síndromes de mala absorción, así como en tratamientos de infantes prematuros. La presente investigación demostró que los MCT pueden ser utilizados como suplemento dietario para reducir las reservas de lípidos pero que la disponibilidad de energía y consecuentemente el crecimiento pueden ser afectados si se utilizan altos niveles.

Tabla 7. Medida biológicas y comparación proximal de muestras de cuerpo total de curvina alimentadas con dietas conteniendo diferentes niveles de aceite de menhaden (MFO) y triglicéridos de cadena mediana (MCT) utilizados como suplementos en el experimento II^{ab}.

MFO	MCT	Tasa de IPF	Análisis corporal (g/100g)		
			Maeria seca	Proteína ^c	Lípidos ^c
0	0	1.28 ^x	27.5 ^z	63.4 ^{yz}	13.9 ^y
4	0	1.53 ^y	29.3 ^z	58.9 ^y	18.7 ^z
8	0	2.23 ^z	30.4 ^z	57.4 ^y	19.9 ^z
0	4	0.10 ^u	25.8 ^z	67.2 ^z	6.2 ^w
0	8	0.50 ^v	26.9 ^z	63.5 ^{yz}	11.2 ^x
4	4	0.97 ^w	27.4 ^z	60.9 ^y	16.8 ^z
ESC ^d		0.094	1.32	1.76	1.05

^aNo se presentaron diferencias significativas en la composición proximal de las muestras de filete. Los valores promedio del contenido de materia seca, proteína y lípidos fueron 22.9%, 84.7% y 5.31%, respectivamente.

^bMedias de tres replicados. Los números dentro de la misma columna con diferente superscript son significativamente diferentes ($P << 0.05$).

^cExpresada en peso seco.

^dError estándar combinado.

Tabla 8. Respuesta de la curvina a dietas prácticas con diferentes niveles de aceite de menhaden (MFO) y triglicéridos de cadena mediana (MCT) utilizados como suplementos en el experimento Iiba.

MFO	MCT	Peso promedio final	Sobrevivencia (%)	TEA ^b	Tasa de IPF	HIS
0	0	25.0 ^{yz}	88.9 ^z	107.6 ^z	0.77 ^{wx}	2.76 ^z
8	0	26.1 ^{yz}	97.2 ^z	112.2 ^z	1.76 ^z	2.87 ^z
7	1	30.3 ^z	94.4 ^z	113.4 ^z	1.58 ^{yz}	2.83 ^z
6	2	22.3 ^{yz}	94.4 ^z	96.6 ^{xy}	1.25 ^{xy}	2.60 ^z
5	3	22.0 ^{yz}	94.4 ^z	102.4 ^{xyz}	0.70 ^{vw}	2.67 ^z
4	4	19.7 ^y	97.2 ^z	97.2 ^{xy}	0.64 ^{vw}	2.79 ^z
3	0	25.6 ^{yz}	94.4 ^z	107.4 ^{yz}	0.84 ^{wx}	2.35 ^z
2	1	26.1 ^{yz}	94.4 ^z	112.0 ^z	0.83 ^{wx}	2.61 ^z
1	2	21.5 ^y	100.0 ^z	101.3 ^{xyz}	0.23 ^v	2.26 ^z
0	3	19.7 ^y	97.2 ^z	93.6 ^y	0.20 ^v	2.04 ^z
ESC ^c		1.80	4.02	2.83	0.128	0.262

^aMedias de tres replicados. Los números dentro de la misma columna con diferente superscript son significativamente diferentes ($P << 0.05$).

^bTasa de eficiencia alimenticia (TEA) basada en el peso seco promedio del alimento ofrecido a los peces.

^cError estándar combinado

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones reportadas el desempeño de la curvina fue mejor con aquellas dietas que contenían altos niveles de proteína y energía y estas dietas fueron más eficientemente utilizadas sin afectar significativamente la composición corporal total de los peces. Esto resultó en un mayor crecimiento por unidad de alimento consumido y menor alimento consumido por unidad de biomasa de los peces, reduciendo así el alimento desperdiciado y la carga de desperdicio por unidad de alimento suministrado. Los registros de calidad del agua indicaron que la manipulación de la densidad de los nutrientes de la dieta puede reducir significativamente los sólidos netos acumulados, DQO y fósforo suspendido, los cuales representan la acumulación de los contaminantes en el tiempo. Debido a la naturaleza variable de algunos de los parámetros de calidad de agua (nitrógeno amoniacal total, nitrógeno de nitratos, BOD5 y sólidos suspendidos totales), las variaciones en el consumo alimenticio diario de los peces y la habilidad de los filtros para procesar de manera eficaz los nutrientes, no se pudieron atribuir tendencias a los efectos de los tratamientos dietarios sobre estos parámetros de la calidad de agua. Basados en resultados previamente publicados y los reportados en el presente estudio, se deduce que las manipulaciones en las dietas pueden reducir significativamente

la carga de desperdicio asociada con el cultivo de la curvina.

Una desventaja potencial de las dietas nutricionalmente densas es que se requiere incrementar los niveles de lípidos, lo cual puede resultar en una acreción del depósito intraperitoneal de grasas. Dichos niveles excesivos de grasas pueden resultar en una baja calidad del producto y una reducción en la vida de anaquel ocasionada por la oxidación de lípidos. No obstante que los MCT no parecen aumentar la disponibilidad energética, como se demostró por la ausencia de crecimiento a altos niveles, la suplementación reduce los depósitos de grasa intraperitoneal, posiblemente inhibiendo la lipogénesis. Consecuentemente, la incorporación de bajos niveles ($\ll 2\%$) puede ser ventajosa si los niveles de grasa intraperitoneal se vuelven extremos.

No obstante que resulta difícil determinar el valor de la reducción de desperdicios asociada a las dietas nutricionalmente densas se pueden determinar fácilmente los costos de alimentación y por consecuencia los costos de producción debido al suministro de alimento. Utilizando las fórmulas presentadas, y los costos estándar de manufactura, el costo de la dieta 1 fue estimado en 75% del costo de la dieta 4. Consideró las tasas de eficiencia alimenticia (TEA) observadas de 38.1 y 80.1% para las dietas 1 y 4, respectivamente, el costo para producir los peces con la dieta 4 sería de 63% del requerido para producir los peces con la dieta 1. Con un ahorro agregado al envío y reducciones de desperdicio parecería que existen ventajas económicas reales que pudieran alcanzarse a través de la utilización de dietas nutricionalmente densas. Estos resultados garantizan la evaluación continua y expansión de las aproximaciones nutricionales hacia la reducción de los contaminantes en la acuicultura.

AGRADECIMIENTOS

Una parte del material de este manuscrito fue derivada de la tesis de maestría de D.O. Jirsa (1994). Esta investigación fue financiada en parte por la Fundación Sid W. Richardson y el Departamento de Comercio de los Estados Unidos, NOAA/NMFS, y el Saltonstall-Kennedy Grant Program. Los autores desean expresar su gratitud a Stepan Food Ingredient Department, Zapata Haynie Corporation y Protein Technologies International por su asistencia en el suministro de los ingredientes. La mención de marcas o productos no constituyen un aval por la Universidad de Texas en Austin y no implica su aprobación para la exclusión de otros productos que pudieran ser también adecuados. Esta es la contribución No. 100-96 del Instituto de Ciencias Marinas de la Universidad de Texas en Austin.

LITERATURA CITADA

- Alsted, N.S., 1991. Studies on the reduction of discharges from fish farms by modification of the diet. In: C.B. Cowey y C.Y. Cho (Editors). Nutritional Strategies y Aquaculture Waste. Proceedings, 1st International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. University of Guelph, Guelph, Ont., Canada, 1990, pp.77-88.
- Batterson, T.R., 1993. Interregional waste management program outlined. Waterlines: Newsletter of the western regional aquaculture center, 5(2):5,13.

- Boyd, C.E. y Musig, Y., 1992. Shrimp pond effluents: Observations of the nature of the problem on commercial farms. In: J. Wyban (Editor). Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming. World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, pp. 195-197.
- Chen, S.N., Liu, W.Y. y Kou, G.H., 1993. Investigation on the mass mortality of cultured *Penaeus monodon* y *P. japonicus*. Page 4. Abstracts of International Symposium on Shrimp Culture in Asia-Pacific Region. The China Society of Fisheries.
- Cho, C.Y., Hynes, J.D., Wood, K.R. y Yoshida, H.K., 1991. Quantification of fish culture wastes by biological (nutritional) y chemical (luminological) methods; the development of high-nutrient dense (HND) diets. In: C.B. Cowey y C.Y. Cho (Editors). Nutritional Strategies y Aquaculture Waste. Proceedings, 1st International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. University of Guelph, Guelph, Ont., Canada 1990, pp. 37-50.
- Cho, C.Y., Hynes, J.D., Wood, K.R. y Yoshida, H.K., 1994. Development of high-nutrient-dense, low-pollution diets y prediction of aquaculture wastes using biological approaches. *Aquaculture*, 124:293-305.
- Clesceri, L.S., Greenburg, A.E. y Trussell, R.E., 1989. *Styard Methods for the examination of water y wastewater*, 17th ed. American Public Health Association, Washington D.C.
- Daniels, W.J. y E.H. Robinson. 1986. Protein: energy requirements of red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 53:263-270.
- Ellis, S.C. y Reigh, R.C., 1991. Effects of dietary lipid y carbohydrate levels on growth y body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 97:383-394.
- FAO., 1992. *Aquaculture production*. Food y Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. FAO Fisheries Circular, No 815, Revision 4, 206 p.
- Fiske, C.H. y SubbaRow, R., 1925. The calorimetric determination of phosphorus. *Journal of Biological Chemistry*, 66:375.
- Folch, J., Lees, M. y Sloan-Stanley, G.H., 1957. A simple method for the isolation y purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226:497-507.
- Folke, C. y Kautsky, N., 1991. Ecological economic principles for aquaculture development. Pages 207-222 in C.B. Cowey y C.Y. Cho, editors. *Nutritional Strategies y Aquaculture Waste*. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. University of Guelph. Guelph, Ontario, Canada, 1990.

- Hashim, S. A. y Tantibhedyangkul, P., 1987. Medium chain triglyceride in early life: Effects on growth of adipose tissue. *Lipids*, 22:429-434.
- Horst, A., Kaganowicz, I., Zagórska, I. y Ro fynkowa, D., 1961. Disappearance of depot fat in rats fed extremely hydrogenated oils. *American Journal of Physiology* 201:617-620.
- Jorsa, D. O., 1994. The effect of dietary nutrient density on water quality y growth of red drum (*Sciaenops ocellatus*) in closed systems. Master's thesis. The University of Texas at Austin, Austin, Texas, USA.
- Kennedy, J. P., 1991. Structured lipids: Fats of the future. *Food Technology*. pp 76-83.
- Kiaerskou, J., 1991. Production y economics of low pollution diets for the aquaculture industry. In: C.B. Cowey y C.Y. Cho (Editors). *Nutritional Strategies y Aquaculture Waste. Proceedings, 1st International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste*. University of Guelph, Guelph, Ont., Canada, pp. 65-76.
- Lavau, M.M. y Hashim, S.A., 1978. Effect of MCT on lipogenesis of body fat in the rat. *Journal of Nutrition*, 108:613.
- Lewis, D.H., Wang, Wexing, Ayers, A. y Arnold, C.R., 1988. Preliminary studies on the use of chloroquine as a systemic chemotherapeutic agent for Amyloidosis in red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Contributions in Marine Science, Supplement to volume 30*:183-189.
- Li, M., y Lovell, T., 1992. Effect of dietary protein concentration on nitrogenous waste in intensively fed catfish ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23:122-127.
- Liao, I-C, 1992. Marine prawn culture industry of Taiwan. In: A. W. Fast y L.J. Lester (Editors). *Marine Shrimp Culture: Principles y Practices*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 653-675.
- Ma, T.S. y Zuazago, G., 1942. Micro-Kjeldhal determination of nitrogen. A new indicator y an improved rapid method. *Industrial y Engineering Chemistry*, 14(1):280-282.
- SAS Institute Inc., 1988. *SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition*. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Savitz, J., 1971. Nitrogen excretion y protein consumption of the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 28:449-451.
- Savitz, J., Albanese, E., Evinger, M.J. y Kolasinski, P. 1977. Effect of ration level on nitrogen excretion, nitrogen retention y efficiency of nitrogen utilization for growth in largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Journal of Fish Biology*, 11:185-192.
- Serrano, J.A., Nematipour, G.R. y Gatlin, D.M., III., 1992. Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) y relative use of dietary carbohydrate y lipid. *Aquaculture*, 101:283-291.

**ALGUNOS ASPECTOS DE LA NUTRICION DEL CAMARON
BLANCO (*Penaeus setiferus*) Y EL CAMARON ROSADO (*P. duorarum*)
DEL GOLFO DE MÉXICO**

*María Gabriela Gaxiola Cortés; Ruth Pedroza,
Liliana Gómez, Norma López, Tsai García*

**Grupo de Maricultura
Laboratorio de Ecofisiología
Fac. de Ciencias, UNAM
Tel + 5 622 4829. Fax + 5 622 4848
e-mail mggc@hp.fciencias.unam.mx**

RESUMEN

El Grupo de Maricultura de la Fac. de Ciencias de la UNAM ha realizado una serie de estudios referentes a la nutrición de las postlarvas y los juveniles del camarón blanco del Golfo de México. En estos estudios se obtuvieron los requerimientos nutricionales de las postlarvas de 30 y 40 días de edad. Las postlarvas de 30 días de las dos especies de camarón presentaron un requerimiento de proteína del 50%, cuando la energía dietética fue de 3.83 kcal/g. Los requerimientos nutricionales de las postlarvas de *P. setiferus* de 40 días fueron de 40% de proteínas, 12% de carbohidratos, 8.26-8.5% de lípidos, con una energía digestible de 3 kcal/g. Las postlarvas de *P. duorarum* de 40 días mostraron un requerimiento de 40% de proteínas, 12-36.47% de carbohidratos y de 5.78-16.9% de lípidos. Las necesidades de energía para *P. duorarum* variaron entre 3 y 4 kcal/g. Los juveniles de *P. setiferus* presentaron un requerimiento de proteína dietética del 30%. Estos resultados señalan que el requerimiento de proteína de las postlarvas y juveniles de *P. setiferus* decae de manera gradual, en relación directa con los cambios en el ciclo de vida de estos crustáceos, lo que permitirá ajustar la alimentación de los organismos en los estanques, en particular en el sistema intensivo, en donde la alimentación depende en gran medida de los alimentos artificiales. Además con este esquema básico de alimentación, se reducirán los costos de producción del alimento, ya que se puede controlar la inclusión de las fuentes de proteína en las cantidades adecuadas, de acuerdo con la edad de los camarones, en condiciones de siembra directa para la engorda de estos organismos.

INTRODUCCION

Uno de los aspectos que ha llevado al éxito a la camaronicultura es el manejo de la alimentación de estos organismos en condiciones controladas. Ello ha requerido un gran esfuerzo de investigación para poder conocer los requerimientos nutricionales de las especies cultivables, tomando en cuenta los factores ambientales, fisiológicos y ontogenéticos (Akiyama, 1993; Tacon, 1990).

Sin embargo, las necesidades nutricionales de las postlarvas de los camarones peneidos nativos del Golfo de México, especialmente *Penaeus setiferus* y *P. duorarum* no han sido estudiadas. Aunque para los juveniles de estas especies se han abordado los requerimientos nutricionales, estos han sido analizados en función solamente de la respuesta nutricional (crecimiento y sobrevivencia) (Sick y Andrews, 1973; Andrews et al., 1972; Condrey et al., 1972; Fenucci et al., 1980; Lee y Lawrence, 1985; y Lawrence et al., 1986).

Las razones por las que se había desistido de estudiar los requerimientos nutricionales de estos crustáceos, partieron de los trabajos comparativos que se realizaron en Carolina del Sur, por Parker et al. (1974), en los cuales se demostró que *Penaeus vannamei* presentó un mejor crecimiento que *P. setiferus* en cultivo semi-intensivo. Por lo tanto se abandonó la investigación que produciría las tecnologías de cultivo adecuadas para cada especie del Golfo (Sandifer et al., 1993).

Sin embargo, en la actualidad se ha reconocido que el cultivo comercial del camarón blanco del Pacífico Occidental presenta numerosas dificultades por ser una especie muy susceptible a contraer enfermedades de origen viral. Por ello se han realizado investigaciones en estanques para conocer las potencialidades de las especies del Golfo de México. A manera de conclusión ha sido señalado que *P. setiferus* es una especie idónea para ser cultivada a nivel comercial, mientras que *P. duorarum* no alcanza tallas comerciales, aunque pudiera ser manejada como carnada (Sandifer et al., 1993). Esta última especie también podrá cultivarse hasta tallas comercializables en el mercado interno de México.

Este nuevo enfoque sobre las posibilidades del cultivo de los camarones peneidos nativos del Golfo de México abre un espectro grande de aspectos a investigar, entre los que se encuentra el estudio integral y comparativo de los requerimientos nutricionales de estos organismos.

Con base en lo anteriormente expuesto, el Grupo de Maricultura de la Fac. de Ciencias de la UNAM, inició una línea de investigación en la que se abordaron de manera integral los requerimientos nutricionales de las postlarvas de los camarones peneidos *P. setiferus* y *P. duorarum*, tomando no sólo los parámetros clásicos de la nutrición (crecimiento, sobrevivencia y rendimiento) sino además los aspectos fisiológicos generales de los camarones (consumo de oxígeno y excreción nitrogenada) para evaluar la aclimatación final de los organismos ante los diferentes tratamientos dietéticos.

Los objetivos particulares de la presente investigación son:

1. Determinar el requerimiento de proteínas dietéticas de las postlarvas de 30 días de edad (PI30) de *P. setiferus* y *P. duorarum*.
2. Determinar el efecto de la relación entre las proteínas y la energía dietéticas en las postlarvas de *P. setiferus* y *P. duorarum* de 40 días de edad (PI40), variando los niveles de inclusión de los carbohidratos dietéticos, en dietas isolípídicas.
3. Determinar el efecto de la relación entre las proteínas y la energía dietéticas en las postlarvas de *P. setiferus* y *P. duorarum* de 40 días de edad (PI40), en alimentos en los que se variaron los niveles de inclusión de lípidos y se mantuvieron fijos los carbohidratos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Obtención de las postlarvas

En todos los experimentos se utilizaron ejemplares de 10 días de edad (PI10) obtenidos a partir de desoves logrados en el laboratorio. En cada bioensayo se utilizaron organismos provenientes de un solo desove.

Las postlarvas de *P. setiferus* provinieron de hembras del medio natural, capturadas en la Sonda de Campeche frente a la Isla del Carmen. Estas hembras fueron maduradas, inseminadas y desovadas en el laboratorio.

Las postlarvas de *P. duorarum* fueron obtenidas a partir de hembras copuladas en el medio natural, capturadas en Cayo Arcas en la Sonda de Campeche y también fueron desovadas en el laboratorio.

2. Diseño experimental y Dietas

En la Tabla 1 se resumen los diseños experimentales usados en la presente investigación. En las Tablas 2, 3, 4, 5, 6 se presentan las composiciones de las dietas empleadas en la presente investigación.

3. Condiciones de manejo

Las postlarvas (PI10) se colocaron en recipientes de plástico blancos de forma rectangular con una capacidad de 30 L, con aireación constante a una densidad de 1.6 postlarvas/L (50 organismos/recipientes).

Diariamente se realizó un recambio de 50% de agua de mar, la cual fue previamente filtrada y esterilizada. En cada uno de los experimentos se registró el peso inicial promedio (50 organismos). Una vez obtenido el peso inicial, se calculó la ración inicial del alimento, la cual fue del 120% de la biomasa/tanque y se recalculó cada 10 días. En todos los experimentos, el tamaño de partícula del alimento suministrado al inicio, osciló de 250-350 μ m, para

incrementarse hasta 350-870 mm al final de cada bioensayo. Al finalizar cada uno de los experimentos, se contaron todos los organismos, para calcular la sobrevivencia. Para obtener el peso promedio final se pesaron 24 individuos de cada recipiente excepto en los que la sobrevivencia fue menor.

4. Respuestas fisiológicas

Una vez concluidos los experimentos referentes a los requerimientos nutricionales, se tomaron muestras al azar de los organismos sobrevivientes de cada bioensayo y fueron separados para la medición del consumo de oxígeno y la excreción nitrogenada.

a) Consumo de oxígeno

El consumo de oxígeno se utilizó para estimar el Incremento de Calor Aparente (ICA) asociado a cada tipo de dieta, de acuerdo con la metodología usada por Rosas et al., (1995a).

b) Excreción nitrogenada

Para la estimación de la excreción nitrogenada postalimentaria (ENPA), se realizaron mediciones de la excreción nitrogenada de los animales en ayuno y alimentados; para ello se tomaron muestras de agua de mar simultáneamente a las mediciones de oxígeno, de acuerdo con la metodología empleada por Rosas et al (1995b).

c) Razón O:N

La razón atómica O:N fue estimada tanto en los animales en ayuno, como alimentados. Para el caso de los animales alimentados se consideraron los máximos de consumo de oxígeno y excreción nitrogenada. Esta razón es un indicador del tipo de sustrato empleado por los camarones con fines energéticos. Estos resultados se interpretaron de acuerdo con Mayzaud y Conover (1988) quienes señalaron que un intervalo de la razón O:N de 3 a 16 implica el catabolismo de proteínas, un intervalo entre 50 y 60 manifiesta el catabolismo de iguales cantidades de lípidos y proteínas, mientras que valores mayores, se consideran como catabolismo de dieta mixta (carbohidratos, lípidos y proteínas).

Tabla 1. Diseños experimentales de los bioensayos de las postlarvas de *P. setiferus* y *P. duorarum*

No. de Experimento	Especie	Tipo de diseño	Rep./trat.	Factores a evaluar	Respuestas evaluadas
1	<i>P. setiferus</i> (P130)	Completamente aleatorizado	3	4 niveles de proteína (40, 50, 60 y 65 %) 2 niveles de energía	Respuesta nutricional: crecimiento (mg), IRB, sobrevivencia. Respuesta fisiológica: Incremento de calor aparente (ICA); excreción nitrogenada post-alimentaria (ENPA) —Sustrato metabólico (O:N) Respuesta nutricional: crecimiento
2	<i>P. setiferus</i> (P140)	Multifactorial (2 x 5)	3	total (3 y 4 kcal/g) variando los carbohidratos. 5 niveles de proteína (20, 30, 40, 50 y 60 %). 2 niveles de energía	(mg), IRB, sobrevivencia. Respuesta fisiológica: ICA, ENPA. Sustrato metabólico: O:N Respuesta nutricional: crecimiento
3	<i>P. setiferus</i> (P140)	Multifactorial (2 x 5)	3	total (3 y 4 kcal/g) variando los lípidos. 5 niveles de proteína (20, 30, 40, 50 y 60 %).	(mg), IRB, sobrevivencia Respuesta fisiológica: ICA, ENPA. Sustrato metabólico: O:N

(Continúa Tabla 1)

No. de Experimento	Especie	Tipo de diseño	Rep./trat.	Factores a evaluar	Respuestas evaluadas
4	P. duorarum (P132)	Completamente aleatorizado	3	4 niveles de proteína (40, 50, 60 y 65 %). 2 niveles de energía	Respuesta nutricional crecimiento (mg), IRB, sobrevivencia Respuesta fisiológica: ICA, ENPA. Sustrato metabólico: O:N Respuesta nutricional: crecimiento
5	P. duorarum (P140)	Multifactorial (2 x 4)	3	(3 y 4 Kcal/g) variando los carbohidratos 4 niveles de proteína (40, 45, 50 y 55 %) 2 niveles de energía	(mg), IRB, sobrevivencia Respuesta fisiológica: ICA, ENPA. Sustrato metabólico: O:N Respuesta nutricional: crecimiento
6	P. duorarum (P140)	Multifactorial (2 x 4)	3	(3 y 4 kcal/g) variando los lípidos. 4 niveles de proteína (40, 45, 50 y 55 %)	(mg), IRB, sobrevivencia Respuesta fisiológica: ICA, ENPA. sustrato metabólico: O:N

**Tabla 2. Composición de las dietas del Exp. 1
P. setiferus y Exp. 4 P. duorarum**

Ingredientes	A	B	C	D
Caseína	43.3	54.11	64.93	70.39
Arginina	1.1	1.4	1.67	1.81
Dextrina	37.85	26.75	15.65	10.05
Ac. H. Bac	2.25	2.25	2.25	2.25
Ac. girasol	2.25	2.25	2.25	2.25
Lecitina de soya	1.0	1.0	1.0	1.0
Colesterol	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit. C	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit. y Min.**	2.5	2.5	2.5	2.5
proteína (%)	40	50	60	65
Relleno	3.75	3.75	3.75	3.75
Energía digestible(Kjoules/g)*	16.032	16.032	16.032	16.032

* Calculados de acuerdo con Nose (1979) 4 kcal/g para las proteínas y carbohidratos y 9 kcal/g para los lípidos.

** Premezcla de vitaminas y minerales propuesta por Ralston Purina de México

Tabla 3. Composición de las dietas del experimento 2 *P. setiferus*

Ingredientes	Tratamiento									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Caseina	20.2	20.2	30.3	30.3	40.4	40.4	50.5	50.5	60.6	60.6
Arginina	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
Dextrina	58.67	33.68	47.58	22.57	36.47	11.47	25.38	1	14.3	0
AC. Girasol	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
AC. H. Bac	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Lecitina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
COlesterol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit. y Min.	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Vit. C.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
CMC.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Relleno	2.63	27.62	2.62	27.63	2.63	27.63	2.62	27	2.6	15.9
Prot.(%)	20	20	30	30	40	40	50	50	60	60
ED(kcal/g)	4	3	4	3	4	3	4	3.02	4	3.43
P/E(mg/kcal)	50	66.7	75	100	100	133.3	125	165.3	150	174.9

* Calculados de acuerdo con Nose (1979) 4 kcal/g para las proteínas y carbohidratos y 9 kcal/g para los lípidos.

** Premezcla de vitaminas y minerales propuesta por Ralston Purina de México

Tabla 4. Composición de las dietas del experimento 2 P. setiferus

Ingredientes	Tratamientos									
	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Caseína	20.2	20.2	30.3	30.3	40.4	40.4	50.5	50.5	60.6	60.6
Arginina	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
Dextrina	11.9	11.9	11.85	11.85	11.8	11.8	11.75	11.75	11.7	11.7
Ac. de girasol	13.87	8.2	11.4	5.85	8.9	3.38	6.47	0.92	4	0
Ac. H. Bac.	13.87	8.2	11.4	5.85	8.9	3.38	6.47	0.92	4	0
Lecitina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Colesterol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit. y Min.**	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Vit. C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
CMC.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Relleno	28.7	39.77	22.55	33.65	16.5	27.54	10.31	21.15	4.2	10.6
Prot. (%)	20	20	30	30	40	40	50	50	60	60
Lípidos tot. (%)	29.24	17.9	24.3	13.2	19.3	8.26	14.4	3.34	9.5	1.5
ED (kcal/g)*	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3.43
P/E (mg/kcal)	50	66.7	75	100	100	133.3	125	165.3	150	174.9

* Calculados de acuerdo con Nose (1979) 4 kcal/g para las proteínas y carbohidratos y 9 kcal/g para los lípidos.

** Premezcla de vitaminas y minerales propuesta por Ralston Purina de México

Tabla 5. Composición de las dietas del experimento 5 *P. duorarum*

INGREDIENTES	A	B	C	D	E	F	G	H
Caseína	42.48	42.48	47.75	47.75	53.2	53.2	58.32	58.32
Arginina	1.92	1.92	2.25	2.25	2.3	2.3	2.78	2.78
Dextrina	36.47	11.48	30.88	5.88	25.38	0.375	19.78	0
Ac. Girasol	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Ac. H. Bac.	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Lecitina de soya	1	1	1	1	1	1	1	1
Colesterol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Premezcla Vit. y Min. **	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Vit C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Relleno	2.63	27.62	2.62	27.62	2.62	27.62	2.62	27.4
CMC	5	5	5	5	5	5	5	5
Prot. bruta (%)	40	40	45	45	50	50	55	55
ED (kcal/g)*	4	3	4	3	4	3	4	3.23
Rel. P/E (mg/kcal)	100	133.3	112.5	150	125	166.7	137.5	170.2

* Calculados de acuerdo con Nose (1979) 4 kcal/g para las proteínas y carbohidratos y 9 kcal/g para los lípidos.

** Premezcla de vitaminas y minerales propuesta por Ralston Purina de México

Tabla 6. Composición de las dietas del experimento 6 P. duorarum

INGREDIENTES	I	J	K	L	M	N	O	P
Caseína	42.48	42.48	47.75	47.75	53.2	53.2	58.32	58.32
Arginina	1.92	1.92	2.25	2.25	2.3	2.3	2.78	2.78
Dextrina	11.8	11.8	11.76	11.76	11.73	11.73	11.7	11.7
Ac. Girasol	8.9	3.38	7.7	2.14	6.47	0.92	5.23	0.92
Ac. H. Bac.	8.9	3.38	7.7	2.14	6.47	0.92	5.23	0.92
Lecitina	1	1	1	1	1	1	1	1
Colesterol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit. y Min.**	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Vit. C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
CMC	5	5	5	5	5	5	5	5
Relleno	16.5	27.54	13.34	24.46	10.33	21.43	7.24	15.86
Prot. bruta (%)	40	40	45	45	50	50	55	55
Lípidos totales	19.3	8.26	16.9	5.78	14.4	3.34	11.96	3.34
ED (kcal/g)*	4	3	4	3	4	3	4	3.23
P/E (mg/kcal)	100	133.3	112.5	150	125	166.7	137.5	170.2

* Calculados de acuerdo con Nose (1979) 4 kcal/g para las proteínas y carbohidratos y 9 kcal/g para los lípidos.

** Premezcla de vitaminas y minerales propuesta por Ralston Purina de México

RESULTADOS Y DISCUSION

Antes de presentar los resultados de los bioensayos que conforman la presente investigación es necesario aclarar que los parámetros que se usaron centralmente para realizar el análisis fueron el crecimiento ya que éste refleja el efecto de las condiciones ambientales, incluido el alimento, sobre el conjunto de las respuestas fisiológicas de los individuos (Tacon, 1990); y la razón O:N, debido a que los camarones presentan una limitada capacidad de almacenamiento de los nutrientes energógenos y este parámetro se considera como un indicador de la estrategia nutricional a largo plazo de los individuos (Mayzaud y Conover, 1988).

a) Requerimiento de proteína de las postlarvas de 30 días de edad de *P. setiferus* y *P. duorarum*.

La respuesta nutricional de las postlarvas de *P. setiferus* fue afectada significativamente por el cambio en el contenido proteico de las dietas. El mejor crecimiento se obtuvo con 50% de proteínas. También en ese nivel proteico se alcanzó la más alta sobrevivencia y rendimiento (IRB) (Fig1).

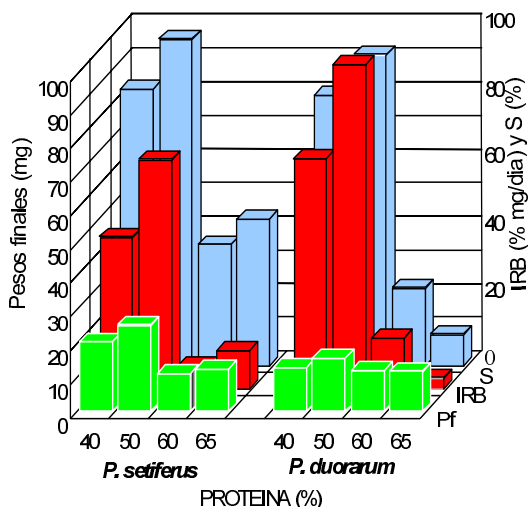


Figura 1. Respuesta nutricional de las postlarvas de 30 días de *P. setiferus* y *P. duorarum*.

A estos resultados correspondió una razón O:N perteneciente al intervalo de la mezcla de lípidos y proteínas (34), lo cual se reflejó en una baja excreción nitrogenada post-alimentaria (ENPA) y por consiguiente un valor del Incremento de Calor Aparente (ICA) bajo (Fig 2). Esta creciente participación de la ENPA en el ICA, observada en 60 y 65% de proteínas, indica la creciente participación de este nutriente en las necesidades de energía de los organismos y una disminución de su participación en el crecimiento, lo cual se denota en los bajos pesos finales obtenidos en estos tratamientos. (Fig. 1 y 2).

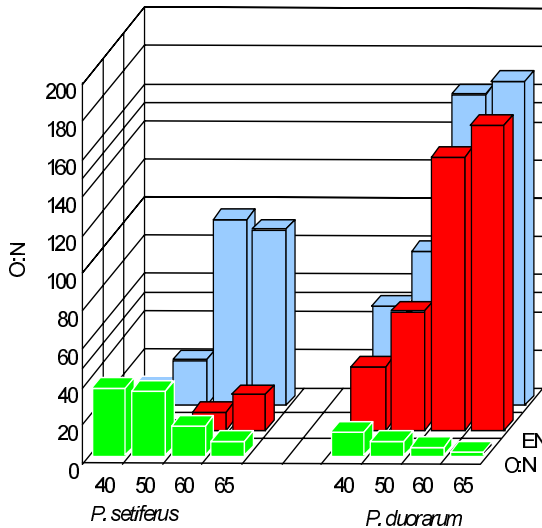


Figura 2. Aspectos bioenergéticos de las postlarvas de 30 días de *P. setiferus* y *P. duorarum*

Respecto a las postlarvas de *P. duorarum*, los cambios en el contenido de proteína dietética afectaron significativamente el crecimiento, la sobrevivencia y el rendimiento. (Fig1).

En cuanto al crecimiento, el valor máximo se obtuvo con 50% de proteínas, mientras que los otros tres tratamientos no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), lo cual indicó que

tanto la insuficiencia, como el exceso de proteínas dietéticas afectó a las postlarvas de *P. duorarum* (Fig. 1). El exceso de proteínas dietéticas afectó significativamente la sobrevivencia. Al combinar el crecimiento con la sobrevivencia (IRB), se observó la misma tendencia a la disminución del rendimiento de las postlarvas en los tratamientos con 60 y 65% de proteínas (Fig. 1).

Sin embargo, en lo referente al sustrato metabólico, las razones O:N denotan el uso de las proteínas con fines energéticos. Esto se puede apreciar también en los resultados obtenidos en la ENPA, aunque el catabolismo de las proteínas afectó de manera significativa ($p < 0.05$) a la excreción de las postlarvas y por lo tanto al ICA de las postlarvas en los tratamientos con 60 y 65% de proteína (Fig. 2). Esto produjo un efecto importante en la sobrevivencia de los organismos y por lo tanto en el rendimiento (IRB) de estos tratamientos, cuyos valores fueron bajos (Fig. 1 y 2).

En resumen se puede señalar que tanto las postlarvas de 30 días de edad de *P. setiferus* como las de *P. duorarum* requirieron 50% de proteínas. Sin embargo, se aprecia una diferencia importante en el uso de los sustratos metabólicos, mientras que *P. setiferus* empleó la mezcla de lípidos y proteínas, *P. duorarum* usó solamente proteínas con fines energéticos.

b) Efecto de la relación entre las proteínas y la energía dietéticas sobre la respuesta nutricional y fisiológica de las postlarvas de 40 días de *P. setiferus*

La interacción de las proteínas y la energía dietéticas fue significativa para las postlarvas de 40 días de *P. setiferus*, tanto en el experimento en el que se mantuvieron fijos los niveles de inclusión de los lípidos, como en el que se fijaron los carbohidratos dietéticos.

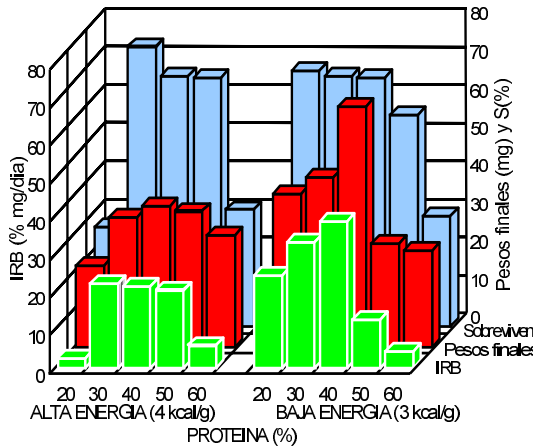


Figura 3. Respuesta nutricional de 40 días de *P. setiferus*. Lípidos fijos en la dieta

En la figura 3 se puede apreciar el efecto de esta interacción de las proteínas y la energía dietética, con lípidos fijos. Los pesos finales de las postlarvas fueron menores en las dietas con alta energía que los obtenidos con baja energía, hasta el nivel de 40% de proteínas, donde la situación se invirtió. El mejor tratamiento fue el de 40% de proteínas, 3 kcal/g y 11.47% de carbohidratos, con los lípidos fijos en 8.5%. Esta interacción fue producto de los altos niveles de inclusión de los carbohidratos, lo cual se vio reflejado en los bajos porcentajes de sobrevivencia y los rendimientos (IRB).

En lo que se refiere al sustrato metabólico, el uso de las proteínas produjo elevados ENPAs que influyeron al ICA en las dietas con alta energía (4 kcal/g) (Fig. 4). En particular el tratamiento con 40% de proteínas y 3 kcal/g presentó un ICA relativamente bajo, si se le compara con el valor de este mismo contenido proteico, pero con alta energía. Esto benefició al crecimiento de los camarones, a pesar de que la excreción nitrogenada fue relativamente alta (Fig. 4). Este tratamiento refleja un balance de los nutrientes, lo cual se aprecia en el conjunto de la respuesta nutricional (Fig. 3).

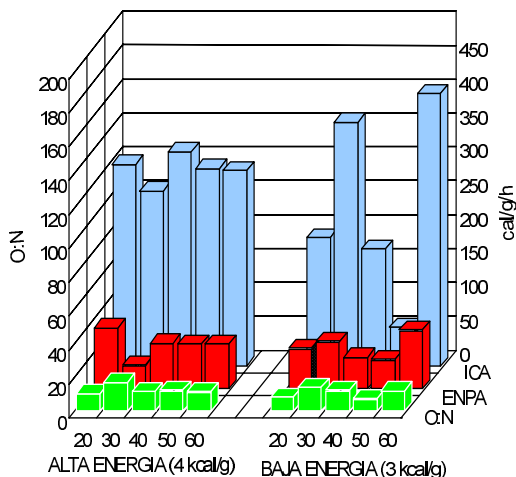


Figura 4. Aspectos bioenergéticos de las postlarvas de 40 días de *P. setiferus*. Lípidos fijos en la dieta.

Sin embargo, al variar los niveles de inclusión de los lípidos de las dietas, manteniendo fijos los carbohidratos, nuevamente, en general en las dietas con baja energía se obtuvieron los crecimientos más elevados, en las dietas con alta energía, lo cual sugiere que independientemente de los nutrientes energógenos no proteicos, los camarones requieren 3 kcal/g de energía total (Fig. 5). El crecimiento más elevado se obtuvo en el tratamiento con 40% de proteína y 8.5% de lípidos, con los carbohidratos fijos en 12%.

Por otra parte, la sobrevivencia de este experimento fue muy baja, lo cual es resultado del efecto de un frente frío que afectó a las postlarvas, causando elevadas mortalidades.

A pesar de esto, el conjunto de los parámetros medidos orienta sobre el efecto de las variaciones de los lípidos de las dietas. En las dietas con alta energía, el rendimiento de los camarones (IRB) tendió a disminuir conforme se incrementó el contenido proteico de la dieta

(Fig. 4). En lo que respecta al sustrato metabólico usado por los camarones, se puede observar que solamente en el tratamiento de 30% de proteínas con 4 kcal/g de energía, las postlarvas emplearon la mezcla de lípidos y proteínas (Fig. 5), sin embargo los crecimientos fueron menores al obtenido con 40% de proteínas y 3 kcal/g (Fig. 4). Ello indicó que 30% de proteína es insuficiente para promover buenos crecimientos. Por otra parte, el tratamiento en el que se obtuvo el máximo crecimiento (40% de proteínas y 3 kcal/g), se obtuvo una razón O:N que indica que las postlarvas emplearon solamente a las proteínas con fines energéticos (Fig. 6).

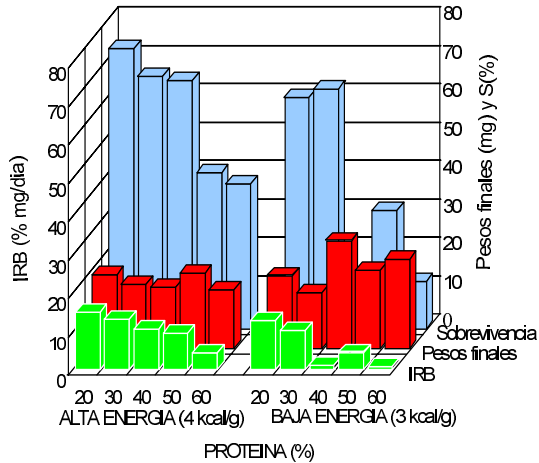


Figura 5. Respuesta nutricional de las postlarvas de 40 días de *P. setiferus*. Carbohidratos fijos en las dietas.

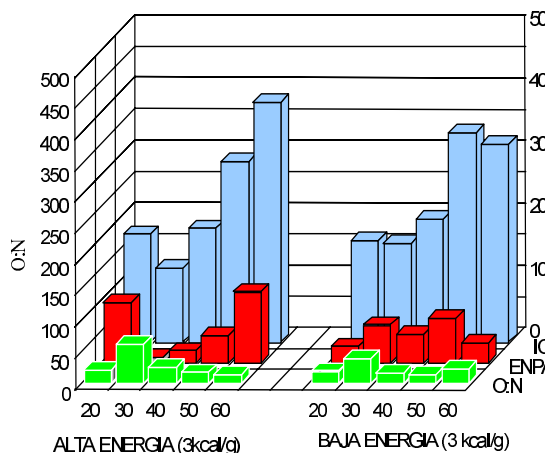


Figura 6. Aspectos bioenergéticos de las postlarvas de 40 días de *P. setiferus*. Carbohidratos fijos en la dieta.

c) Efecto de la relación entre las proteínas y la energía dietéticas sobre la respuesta nutricional y fisiológica de las postlarvas de 40 días de *P. duorarum*

Las respuesta nutricional y fisiológica de las postlarvas de 40 días de *P. duorarum* fue afectada significativamente por la interacción de las proteínas y la energía dietéticas, tanto al variar los carbohidratos, como los lípidos dietéticos.

En la figura 7, se puede apreciar la influencia que ejercieron los diferentes niveles de inclusión de los carbohidratos dietéticos sobre el crecimiento, la sobrevivencia y el rendimiento (IRB) de los camarones. Mientras que en las dietas con baja energía (3 kcal/g) los crecimientos disminuyeron conforme se incrementó el contenido proteico, en las dietas con alta energía (4 kcal/g), se obtuvo una mejoría, aunque no significativa, del crecimiento de los camarones alimentados con 55% de proteínas (Fig. 7). Aunque el peso final más elevado se obtuvo con 40% de proteínas y 4 kcal/g (45.6 mg), no hubo diferencias significativas con 40% de proteínas y 3 kcal/g (42.8 mg). La

diferencia de la energía total en estos dos tratamientos, está dada por los niveles de inclusión de los carbohidratos, por lo tanto se puede señalar que las necesidades de carbohidratos oscilan en el intervalo de 11.48 a 36.47% (Tabla 5). Sin embargo la tendencia al mejoramiento del crecimiento obtenida con 40% de proteínas y 4 kcal/g (Fig. 7), puede asociarse al menor gasto de energía involucrado en la excreción nitrogenada, observada en este mismo tratamiento, lo cual es reflejo de un valor de la razón O:N mayor (32.3) que el obtenido con 40% de proteínas y 3 kcal/g (24) (Fig. 8). Este mayor gasto de energía en la excreción nitrogenada se reflejó de manera muy evidente en las diferencias del consumo de oxígeno (ICA) de los organismos.

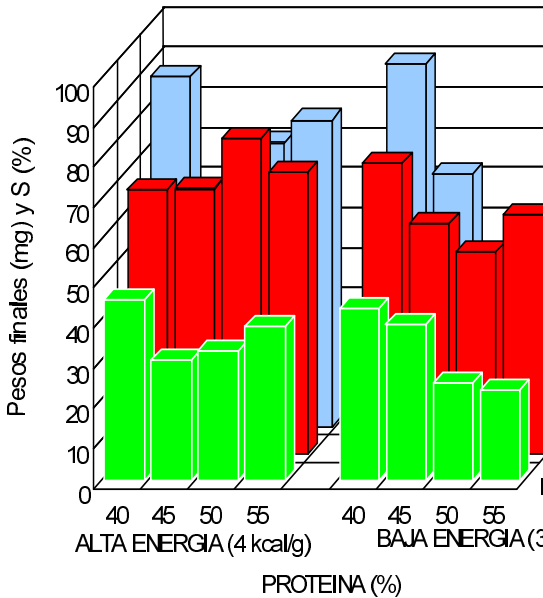


Figura 7. Respuesta nutricional de las postlarvas de 40 días de *P. duorarum*. Lípidos fijos en la dieta.

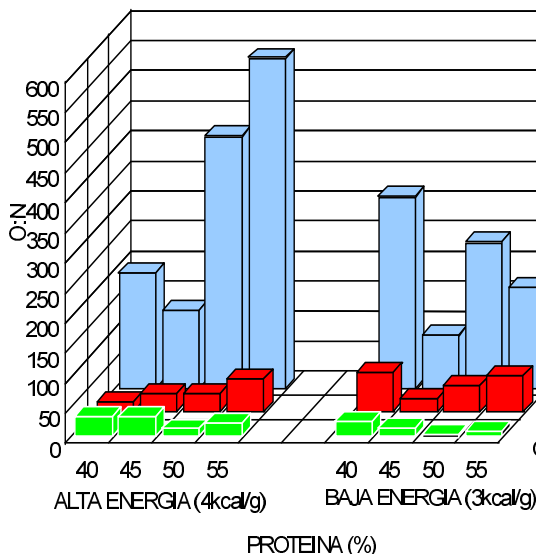


Figura 8. Aspectos bioenergeticos de las postlarvas de 40 días de P. duorarum. Lípidos fijos en la dieta.

Por otra parte, cuando se variaron los lípidos y las proteínas, manteniendo fijos los niveles de inclusión de carbohidratos (12%) (Tabla 6) se observó una interacción significativa de las proteínas y la energía dietéticas sobre la respuesta nutricional y fisiológica de las postlarvas de *P. duorarum* (Fig. 9 y 10). Los crecimientos más elevados se obtuvieron con 40% de proteínas y 3 kcal/g, pero no presentaron diferencias significativas con 45 y 50% de proteínas con 4 kcal/g. Esto podría indicar que cuando la energía total de la dieta es de 3 kcal/g, el crecimiento se favoreció con 40% de proteínas, mientras que cuando la energía total de la dieta fue de 4 kcal/g, las necesidades de proteína se encontraron en un intervalo de 45 a 50% (Fig. 9). Sin embargo, atendiendo al concepto de requerimiento nutricional, que significa que es la cantidad mínima de un nutriente que produce un crecimiento óptimo (Tacon, 1990), se puede concluir que las necesidades de proteínas dietéticas de las postlarvas de *P. duorarum* se satisfacen con 40%, mientras que el requerimiento de lípidos se encuentra en un intervalo de 5.78 a 16.9% (Tabla 6). Al valorar los resultados del sustrato metabólico, se puede señalar el tratamiento que se mantuvo

con valores pertenecientes al intervalo de la mezcla de proteínas y lípidos fue 40% de proteínas y 3 kcal/g, que fue en donde se produjo la más baja excreción nitrogenada post-alimentaria (ENPA), y aunque el ICA fue muy elevado, esto fue producto de la dispersión que caracteriza a este tipo de parámetros, como lo evidenció el error estándar de este tratamiento, cuyo coeficiente de variación fue superior al 10% (fig. 10).

En resumen se puede concluir que las postlarvas de 40 días de edad de *P. duorarum*, presentan un requerimiento de proteína de 40%, de 11.47 a 36.47% de carbohidratos y de 5.78 a 16.9% de lípidos dietéticos.

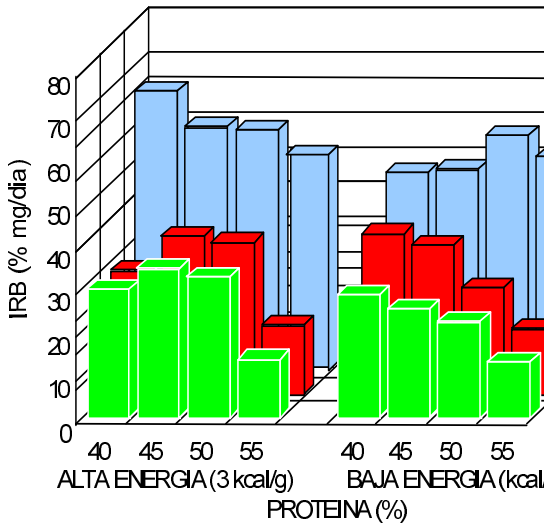


Figura 9. Respuesta nutricional de las postlarvas de 40 días de *P. duorarum*. Carbohidratos fijos en la dieta.

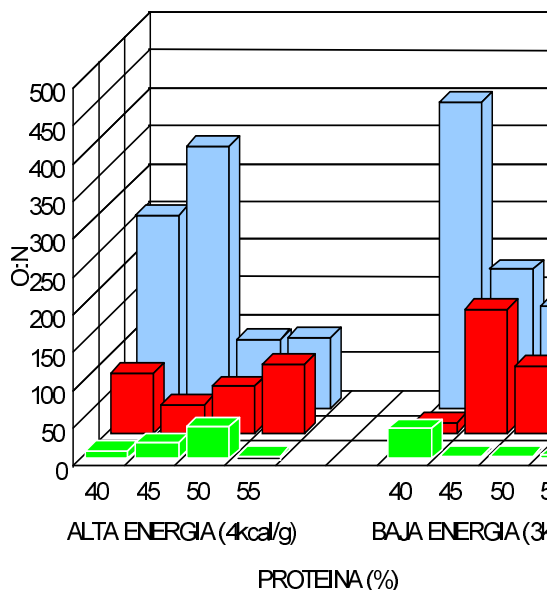


Figura 10.- Aspectos bioenergéticos de las postlarvas de 40 días de *P. duorarum*. Carbohidratos fijos en la dieta.

e) Algunas consideraciones generales

Como se ha podido observar en los resultados, las variaciones de las proteínas, los carbohidratos y los lípidos, así como la energía dietética afectó a las postlarvas de *P. setiferus* y *P. duorarum*.

Aunque la comparación directa de los resultados obtenidos no es posible debido a que son experimentos diferentes si se podrían establecer algunos planteamientos de orden general. Para tal fin se estimó la tasa instantánea de crecimiento (TIC). Este parámetro ha sido empleado para establecer algunas consideraciones entre los distintos experimentos de nutrición (Castille et al., 1993). En general, se puede señalar que las postlarvas de *P. setiferus* y *P. duorarum* presentaron tasas de crecimiento menores conforme aumentó su edad. De igual manera, en el caso de la comparación de las tasas de crecimiento entre postlarvas y juveniles de *P. setiferus*, se pudo apreciar la misma tendencia. Este mismo comportamiento fue reportado por Castille et al.,

(1993), para las postlarvas tempranas de *P. vannamei*. Estos autores demostraron que el crecimiento de las postlarvas se ajusta mejor al modelo exponencial que al modelo lineal.

Aunque de manera general se ha señalado que los camarones menores a los 5 g de peso pueden ser alimentados con piensos con un contenido proteico de 45% (Akiyama y Dominy, 1990), esta investigación demostró que el requerimiento de proteínas cambia con la edad y que tiende a disminuir gradualmente. Además el exceso de proteínas resultó ser perjudicial para los camarones, como se pudo observar a través del análisis de su respuesta nutricional y fisiológica.

En cuanto a los nutrientes energógenos no proteicos (carbohidratos y lípidos), se manifestaron importantes diferencias entre las dos especies de camarones aquí estudiadas. *P. setiferus* presentó necesidades muy precisas de carbohidratos (12%) y de lípidos (8,26 a 8,5%) y 3 kcal/g de energía total. *P. duorarum*, presentó un amplio rango de requerimiento de carbohidratos (11.48-36.47%) y de lípidos (5.78-16.9%), dependiendo de la energía total de la dieta.

REFERENCIAS

- Akiyama D.M. and W.G. Dominy, 1989. Penaeid shrimp nutrition for the commercial fed industry. Texas Shrimp Farming Manual 1. Growth Technology. Tech Report of Texas Agriculture Extension Service and Texas A & M University. Sea Grant College Program, U.S.A. 50 pp.
- Andrews J.W., Sick L.V. and Baptist, J., 1972. The influence of dietary and energy levels on growth and survival of penaeid shrimp. *Aquaculture* 1: 341-347.
- Castille F.L., Samocha T.M., Lawrence A.L. He, H., Frelie, P., and Jaeneke, F., 1993. Variability in growth and survival of early postlarval shrimp. (*Penaeus vannamei*, Boone, 1931). *Aquaculture*, 113: 65-81.
- Condrey, R., Gosseelink, J.C and J. Benett, 1972. Comparison of the assimilation of different diets by *Penaeus setiferus* and *P. aztecus*. *Fishery Bulletin* 70(4): 1281-1292.
- Fenucci, J., Lawrence, A.L., and Zein-Eldin, A., 1981. The effects of fatty acids and shrimp meal composition of prepared diets on growth of juvenil shrimp *Penaeus stylirostris*. *Jour. World Mariculture Society* 12 (1): 315-324.
- Lawrence, A.L., Castille, F.L., Sturmerly, L.M., and Akiyama, D.M., 1986. Nutritional response of marine shrimp to different levels of soybean in feeds. In D.M. Akiyama (ed). American Soybean Association. Texas.
- Lee, P., and Lawrence, A.L., 1985. Effects of diet and size on growth, fed digestibility and digestive enzyme activities of the marine shrimp *Penaeus setiferus* Linnaeus. *Jour. World Maricult Soc* 16 : 275-287.
- Mayzaud P. and Conover R.J., 1988. O.N atomic ratio as a tool to descibe zooplankton

metabolism. Mar. Ecol. Prog. Ser., 45 : 289-302.

Nose 1979, citado pp. 187, 188, 193.

Parker, J.C., Conte, F.S., Mac Grath W.S. and Miller, B.W., 1974. An intensive culture system for penaeid shrimp. Proc., World Maricult. Soc., 5: 65-79.

Rosas et al., 1995 citados p. 84.

Rosas, C., Sánchez, A., Gallardo P.P., Gaxiola G. Díaz, E. and. L.A. Soto, 1995 a. Oxygen consumption and indigestion rate of *Penaeus Setiferus* larucie fed *Chaetoceros* *cera* *tosporum*, *Tetraselmis* *chuii* and *Artemia* *nauplii* Aquaculture Nutrition a 1, (1), 13-20.

Rosas, C., Bolgario-Crevenna, A., A. Sánchez, G. Gaxiola, L.A. Soto and E. Escobar. 1995b. Roles of digestive gland in the energetic metabolism of *Penaeus setiferus*. Biol. Bull. 189:168-174.

Rosas C., Sánchez A., Díaz E., Soto, L., Gaxiola, G., and Brito R., 1996. Effect of dietary protein level on apparent heat increment and postprandial nitrogen excretion of *Penaeus setiferus*, *P. schmitti*, *P. duorarum* and *P. notialis*. Jour. World Aquacult. Soc. 27(1): 68-76.

Sandifer, P.A., Hopkins, J.S., Stokes, A.D. and Browdy, C.L., 1993. Preliminary comparisons of the native *Penaeus setiferus* and *P. vannamei* white shrimp for pond culture in South Carolina. U.S.A. World Aquacult Soc 24 (3): 295-303.

Sick y Andrews 1973, citado, p. 182.

Tacon, A.G., 1990. The Nutrition and feeding of farmed fish and shrimps. A Training Manual. Argent Press, 100 pp.