

V. DISCUSION

No se observaron diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos entre los tratamientos (Temperatura, Salinidad y pH), con excepción del oxígeno disuelto, el cual fue mayor en el tratamiento 87.5. Sin embargo, no es probable que dichas diferencias hayan afectado el desempeño biológico de los organismos, ya que en todos los tratamientos el valor promedio registrado fue superior al nivel óptimo de $6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ reportado por Van Wyk y Scarpa (1999) para *L. vannamei*.

Se considera que la calidad de agua tampoco afectó el desarrollo de los organismos, ya que los niveles de nitrógeno amoniacal, el cual es considerado como el que principalmente afecta al camarón (Rivera-Monroy, 1999), estuvo por debajo del nivel máximo de tolerancia ($0.16 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) reportado por Lin y Chen (2001). El nivel de nitritos ($0.01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), por su parte, fue mucho menor a la concentración máxima de tolerancia ($25.7 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) que reportaron Lin y Chen (2003). En cuanto a las concentraciones de nitratos registradas durante el experimento, también estuvieron por debajo del límite máximo de tolerancia considerado por Tsai y Chen, (2002) para *P. monodon* ($232 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

Los parámetros de producción (PG, %PG, FCA, TIC y Supervivencia) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, un aspecto resaltante de los resultados es la baja tasa de crecimiento ($\approx 0.25 \text{ g}\cdot\text{semana}^{-1}$), si se toma en cuenta que en experimentos con estos organismos, pero bajo condiciones adecuadas de temperatura, se han llegado a tener tasas de crecimiento de hasta $2.7 \text{ g}\cdot\text{semana}^{-1}$ (Tacon et al., 2002). Inclusive la tasa de crecimiento obtenida estuvo por debajo de lo reportado en condiciones de baja salinidad ($0.57 \text{ g}\cdot\text{semana}^{-1}$) (Appelbaum et al., 2002).

Es razonable atribuir el pobre desempeño productivo de los organismos a la baja temperatura que se registró a lo largo del experimento (Tabla V). Estudios anteriores han

demostrado que el crecimiento y metabolismo de los camarones peneidos se ve notablemente reducido cuando la temperatura esta por debajo de las condiciones normales de cultivo (Villareal et al, 1994; Panov y Mc Queen, 1998; Kumlu y Eroldogan, 2000; Diaz et al, 2004; Tian et al, 2004), cuyos valores óptimos para *L. vannamei* oscilan entre 25 a 30°C (Martínez-Córdova, 1999). Como lo muestra la Figura 3, la temperatura global disminuyó paulatinamente durante las primeras 6 semanas, momento en el que se alcanzó una temperatura de aproximadamente 10°C, manteniéndose alrededor de este valor por el resto del período experimental. Este comportamiento es reflejado claramente en el crecimiento de los organismos, el cual es mayor precisamente durante las semanas 1 a 6 (0.37 g·semana⁻¹), para después disminuir notoriamente durante las semanas 7 a 10 (0.09 g·semana⁻¹) (Figura 5). Con base en estos dos períodos contrastantes de temperatura del experimento, se analizaron el %PG y TIC de los organismos durante las semanas 1 a 6 y 7 a 10, los cuales se muestran en las Figuras 6 y 7, respectivamente. De este modo y no obstante el notorio efecto negativo de la temperatura sobre el crecimiento, es interesante la tendencia a un mejor desempeño biológico, aunque no significativo ($p \approx 0.11$) del tratamiento 66.7, en comparación con los demás tratamientos, en términos peso final, peso ganado y %PG (Tabla V). De hecho, dicha tendencia es aún más notoria durante el periodo semana 7-10, en el cual el %PG para el tratamiento 66.7 fue 0.82 y 0.76 veces mayor que la de los tratamientos 77.8 y 88.5, respectivamente (Fig 6). Del mismo modo y en términos absolutos, la TIC del tratamiento 66.7 es 0.8 veces mayor que los otros dos tratamientos (77.8 y 88.5) (Fig. 7). Si bien los valores de P en ambos casos ($P = 0.11$. y 0.10 para %PG y TIC, respectivamente) no están por debajo de 0.05, su cercanía a dicho valor si tiene un significado biológico, indicando que durante el período de más baja temperatura del

bioensayo el tratamiento 66.7 resultó en una más favorable respuesta productiva, en comparación con los otros dos tratamientos.

La explicación a este resultado, probablemente radica en el efecto de la disminución de la concentración de proteína del alimento del tratamiento 66.7 (30% vs. 35% para los tratamientos 77.8 y 88.5). Es bien conocido el hecho de que la baja temperatura ocasiona una disminución del metabolismo, tal y como lo demuestra los trabajos de Chen y Lai (1993) y de Jiang *et al.* (2000), quienes observaron que un decremento de la temperatura provoca una disminución de la tasa de excreción de amonio, el cual generalmente es producto directo del catabolismo de proteínas. Esta importante reducción del metabolismo puede visualizarse también como una disminución del requerimiento de proteína en condiciones de baja temperatura. Tomando en cuenta que un exceso de proteína dietética puede provocar el “efecto de depresión del crecimiento” descrito por Millamena *et al.* (1998), es posible que, bajo las condiciones de baja temperatura prevalecientes, el nivel de 35% de proteína de los tratamientos 77.8 y 88.5 haya sido excesivo y que por consiguiente, el tratamiento 66.7 con 30% de proteína haya resultado más favorable.

La falta de diferencias significativas en el desempeño biológico de los organismos de los tratamientos 77.8 y 88.5 descarta un efecto directo del aumento de energía dietética (4,000 kcal·kg⁻¹ y 4,500 kcal·kg⁻¹, respectivamente) a un mismo nivel de proteína (35% para ambos tratamientos). La más baja proporción P/E del tratamiento 66.7, originada tanto por la elevación del nivel energético (4,500 kcal·kg⁻¹) como por la reducción del nivel proteico (30%), pudo haber determinado, en parte, el resultado observado. A este respecto, la importancia de la proporción P/E en la nutrición de camarones peneidos ha sido puesta de manifiesto a través de diversos estudios científicos (Cuzon y Guillaume, 1997). En el

caso de *L. vannamei*, Dokken (1987) y Cousin et al. (1993) coincidieron en un valor óptimo de la proporción P/E de 83.2 mgP·kcal⁻¹ de energía digerible (ED), en tanto que Cruz-Suárez et al. (2000) propusieron un valor óptimo de 67 mgP·kcal⁻¹ ED. Por su parte, Rosas-Vásquez (1996) encontraron valores óptimos de 26-36 mgP·kJ⁻¹ de energía bruta (EB), equivalentes a 108-150 mgP·kcal⁻¹ EB. Cabe resaltar que los valores de P/E del presente estudio también fueron calculados con base en energía bruta (66.7, 77.8 y 88.5 mgP·kcal⁻¹ EB), por lo que, al compararlos con los reportados por Rosas-Vásquez (1996) (108-150 mgP·kcal⁻¹ EB), son notoriamente menores. Por lo anterior, es posible que la proporción óptima de P/E en condiciones de baja temperatura sea menor con respecto a la reportada en temperatura óptima. Sería interesante evaluar este aspecto en futuras investigaciones, en las cuales, por una parte, se someta a los organismos a condiciones de óptima y baja temperatura. Y por otra, que contemple un amplio intervalo de incrementos graduales de P/E. La comparación directa de resultados del presente estudio con los demás valores disponibles en la literatura, expresados en términos de energía digerible (Dokken 1987; Cousin et al., 1993; Cruz-Suárez et al., 2000), no es posible, ya que no se realizaron estudios de digestibilidad, particularmente de proteína y energía. Es deseable también atender este aspecto en futuras investigaciones.

Con respecto a otras especies de camarones peneidos y bajo condiciones óptimas de temperatura, Bautista (1986) y Hajra et al. (1988) reportaron para *P. monodon* valores óptimos de la proporción P/E de 125 y 117 mgP·kcal⁻¹ ED, respectivamente. Alava y Lim (1983) encontraron un valor óptimo de 113 mgP·kcal⁻¹ de energía metabolizable (EM). Chuntapa et al. (1999) estimaron una proporción P/E óptima de 150 mgP·kcal⁻¹ EB. Por su parte, Alava y Pascual (1987) reportaron un valor de 117 mgP·kcal⁻¹, en tanto que Shiau & Peng (1992) encontraron un valor de 125 mgP·kcal⁻¹, no especificando en ninguno de los

casos si se trataba de EB, ED o EM. Para el camarón blanco del Golfo de México, *L. setiferus*, Guzman et al. (2001) reportaron un valor óptimo de $119.8 \text{ mgP} \cdot \text{kcal}^{-1}$ EB. Al comparar los valores anteriores con aquellos reportados para *L. vannamei*, es aparentemente claro que el valor óptimo de P/E es menor para esta última especie.

En cierta medida, los resultados observados son congruentes con el planteamiento teórico del presente estudio, en el sentido de la evaluación de la factibilidad de manipulaciones de los niveles de proteína y energía dietéticas que pudieran resultar en una reducción del costo del alimento balanceado en períodos de temperatura ambiental por debajo de niveles óptimos. De hecho, se observó una tendencia de mejor desempeño biológico de los organismos que recibieron una dieta con mayor contenido energético y menor contenido proteico (por consiguiente de menor costo) durante la fase de menor temperatura ambiental (promedio de aproximadamente 10.0°C en la semana 7-10). No obstante, las tasas de crecimiento observadas fueron notoriamente bajas en todos los tratamientos, no siendo atractiva para cultivo comercial la perspectiva de ampliar el ciclo de cultivo hasta alcanzar temperaturas tan bajas como ésta. Desde un enfoque pragmático de estos resultados, pueden existir casos en los que mantener a los organismos en cultivo durante el invierno (en baja temperatura y por tanto con poco crecimiento), para luego recobrar tasas de crecimiento normales conforme la temperatura se eleva hacia la primavera-verano, puede resultar atractivo para un productor e.g., en el caso de mantenimiento de poblaciones de camarones reproductores. Entonces, estos resultados pueden cobrar relevancia, representando un ahorro en el costo del alimento durante el período de cultivo en baja temperatura.

Es importante resaltar los recientes y valiosos resultados aportados por Siccardi et al. (2006) con respecto a la importancia del estudio de la proporción P/E. En un ambicioso

diseño experimental en el que utilizaron una dieta con contenido de proteína de 25 % y energía de 4,198 kcal·kg⁻¹, y otra dieta con 35% proteína y energía de 3,485 kcal·kg⁻¹, las cuales fueron suministradas a 10 tasas constantes que variaron de 0.046-3.141 g de alimento/día/individuo, los autores evaluaron los requerimientos de proteína y energía digerible de *L. vannamei*, estimando, en cada caso, coeficientes de digestibilidad y tasas de consumo de proteína y energía, composición corporal (proteína, energía y otros) y crecimiento semanal. Al final del estudio se observó una mayor tasa de crecimiento para los organismos que recibieron la dieta con 35% proteína (1.19 g·semana⁻¹) en comparación con aquellos que recibieron la de 25% (1.08 g·semana⁻¹), pero el crecimiento máximo para ambas dietas ocurrió con una misma tasa de consumo de alimento (0.31-0.32 g/día/individuo). Estos resultados confirman que *L. vannamei* consume alimento para satisfacer su requerimiento energético, lo cual constituye el fundamento teórico de los estudios de la proporción P/E. Ello implica que, por ejemplo, el consumo de una dieta con un contenido excesivo de energía restringiría el consumo de proteína, en tanto que una dieta con contenido energético demasiado bajo resultaría en la utilización de proteína como fuente de energía, lo cual pone de manifiesto la importancia de una proporción P/E óptima para cada especie. Los resultados del presente estudio no permiten confirmar si bajo condiciones de baja temperatura *L. vannamei* también consume alimento hasta satisfacer un requerimiento energético, ya que no se evaluaron aspectos tales como digestibilidad y cuantificación de alimento consumido, entre otros. Sin embargo, es de gran interés abordar este tema en futuras investigaciones.