

## **Influencia del manejo sobre la regulación del medio interno y canalización de energía del camarón azul *Lytopenaeus stylirostris* en sistemas de cultivo** (Influence of salinity change upon osmoregulation and energy requirements of blue shrimp *Lytopenaeus stylirostris* in culture ponds)

**Latournerié Cervera, J.R.**: Laboratorio de Acuicultura. Departamento de Biología Comparada. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 04510 México, D.F. [jlatour4@netscape.net](mailto:jlatour4@netscape.net). | **Cano Rentería, R.** | **Estrada Ortega, A.R.** Laboratorio de Acuicultura. Facultad de Ciencias, UNAM.

### **REDVET: 2008, Vol. IX, N° 8**

Recibido: 04.03.08 / Referencia provisional: I007\_RED VET / Revisado: 09.05.08 / Referencia definitiva: 080806\_RED VET / Aceptado: 20.07.08 / Publicado: 01.08.08

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080808.html> concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080808/080806.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®. Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con REDVET® - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

### **Resumen**

La determinación precisa y constante de los parámetros en sistemas de producción acuícola, son elementos fundamentales para la definición de criterios que permiten optimizar el manejo de las condiciones en que se desarrollan los organismos y lograr así un crecimiento máximo. El objetivo de esta investigación consistió en crear un modelo del desempeño metabólico del camarón azul *L. stylirostris* ante un cambio de salinidad, acorde a las fluctuaciones de este factor en estanques de crecimiento en una granja ubicada en el estado de Chiapas. Se instaló un grupo experimental a 22 unidades prácticas de salinidad (ups) y un grupo control a 28 ups. Ambos en condiciones similares al ambiente de cultivo. Se midió el cambio en la concentración del medio interno de los camarones ante el ajuste de salinidad durante un período de 50 horas, así como las tasas respiratoria (QO<sub>2</sub>) y de excreción de nitrógeno (QN – NH<sub>4</sub>) de los camarones, en ciclos de 24 horas. Con base en estos registros se evaluó el tiempo requerido por los organismos, para alcanzar una compensación completa en su medio interno, así como los requerimientos de energía en especímenes de distinta talla, empleando calorimetría directa e indirecta. Los resultados del metabolismo aerobio y nitrogenado se expresan en índices de eficiencia parcial y

1

aproximaciones a "raciones de manutención" para ambos tratamientos, discutiéndose sus implicaciones en el manejo de los camarones en condiciones de cultivo.

**Palabras Clave:** Salinidad | Regulación osmótica | Tasa metabólica | Excreción nitrogenada | *Litopenaeus stylirostris*.

---

## Summary

Aquaculture systems have been monitored as a routine procedure in order to avoid water quality changes and to keep optimal environmental conditions for maximum growth. The purpose of this research was to evaluate energy requirements through osmotic pressure, metabolic rate and nitrogen excretion changes due to salinity pond modifications in juveniles *L. stylirostris*. Two salinity regimes were used: (28 ups: average salinity ) and 22 ups (experimental dilution), according to routinary management procedures in a shrimp farm located at Chiapas state, Mexico. Internal medium levels in the blue shrimp was measured through 50 hours after salinity transfer. Routine metabolic rate ( $QO_2$ ) and nitrogen excretion ( $QN-NH_4$ ) were evaluated in shrimps of different body weight using a respirometer in 24 hour cycles. A new compensation in the blue shrimp hemolymph was approached at 27 hours after salinity change. Metabolic rate was highly variable in shrimps exposed to 22 ups, but it was not statistically different ( $p>0.05$ ) from shrimps of the control salinity.  $QNH_4$  was higher ( $p<0.05$ ) at 22 ups specimens. Energy maintenance ration was 68.8% higher at 22 ups. Results are discussed in relation to optimization of shrimp management procedures.

**Key words:** Salinity | Osmotic regulation | Metabolic rate | Nitrogenous excretion| *Litopenaeus stylirostris*.

---

## INTRODUCCIÓN

La producción de camarón cultivado depende de factores ambientales que suelen interrelacionarse de distintas maneras, presentando condiciones particulares en los medios de cultivo. Tal es el caso de las variaciones climáticas, las características de los suelos o la calidad del agua (Chávez, 1988), siendo esta última, fundamental en el desarrollo de los organismos en crianza. La calidad del agua se conforma de las relaciones entre parámetros físicos, químicos y biológicos del medio acuático. Estas relaciones propician ambientes particulares que modifican e incluso

controlan los procesos fisiológicos de los organismos en el sistema de cultivo. Por ende, resulta imprescindible conocer la dinámica de estos sistemas, para poder controlar el crecimiento de los organismos en cautiverio.

Existen diferentes estudios ecofisiológicos en los géneros de la familia Penaeidae, los cuales han examinado entre otros aspectos: el efecto de la salinidad del ambiente de crianza sobre la concentración de sodio y cloro en la hemolinfa de los camarones (Castille and Lawrence, 1981), cambios en la excreción de nitrógeno y en los niveles de hemocianina (Chen et al; 1994<sup>a</sup>), alteraciones en los niveles de aminoácidos libres en respuesta a distintas salinidades (Dalla, 1986), variaciones en el consumo de oxígeno y estimaciones de productividad (Dall, 1986; Lei, et al; 1989), cambios en la capacidad osmorregulatoria de acuerdo con el peso y estado de ecdisis (Lignot, et al; 1999), modificaciones en la sobrevivencia y crecimiento a partir de efectos combinados de salinidad-temperatura (Ponce-Palafox, et al; 1997; Lemaire, et al; 2002), efecto de la salinidad y contenido de carbohidratos en la dieta (Rosas, et al; 2002), o bien efectos múltiples a partir de una alteración ambiental, por ejemplo la comparación de factores fisiológicos de dos especies de peneidos sometidos a la interacción salinidad-temperatura (Díaz y Latournerié, 1980), la capacidad osmoregulatoria y el crecimiento evaluados en ambientes de salinidad oscilatoria (Brito, et al; 2000), o las variaciones de parámetros inmunológicos a partir de inducciones de estrés fisiológico y ambiental (Perazzolo et al; 2002), recientemente Latournerié (2007), realizó un análisis integral del efecto de los factores letales, limitantes, controladores y enmascaradores del hábitat del camarón café (*Penaeus aztecus*), en sus respuestas de resistencia y capacidad, incluyendo eficiencias de transferencia de energía.

Estos enfoques han sido de gran utilidad para conocer con más detalle las características ecológicas y fisiológicas que presentan los camarones peneidos, todos los parámetros combinados con el factor tiempo, actúan en concierto. De acuerdo con un enfoque sistémico, la alteración en el medio externo puede promover cambios en la dinámica interna de los organismos, como la alteración en la concentración de sales e iones de la hemolinfa, o cambios fisiológicos y metabólicos como la excreción de aminoácidos libres, incremento en el consumo de oxígeno, o también cambios en el nivel etológico dependiendo del tipo de alteración ambiental. De lo anterior se infiere que es necesario conocer las múltiples respuestas de parte de los organismos, ante las fluctuaciones en las condiciones ambientales con la finalidad de mantener condiciones de máxima sobrevivencia y crecimiento óptimo en sistemas controlados (Latournerié, 2007).

Se conoce que la capacidad osmorregulatoria depende en gran medida de la actividad de la "bomba de sodio-potasio" a nivel de la membrana celular, así como de la concentración de amonio, sales e iones en el medio externo. La

capacidad osmorregulatoria se ha propuesto como indicador fisiológico en la actividad regulatoria osmótica e iónica en crustáceos (Lin, 1993). Esta regulación se realiza en ambientes con salinidad distinta del punto isosmótico, que para el caso de *L. stylirostris* es de 26.2 ups (Lemaire, et al; 2002) y requiere de energía (proveniente del alimento y las reservas en los tejidos de los organismos), la cual se descuenta del total de energía que potencialmente se canaliza para actividad de crecimiento. En consecuencia esto representa una pérdida directa sobre la inversión económica en sistemas de cultivo. De igual forma, existen otros factores ambientales, como la temperatura, considerada como el factor ecológico maestro en el desarrollo de los organismos acuáticos, que afectan directamente la actividad metabólica y en consecuencia, tienen incidencia directa en los niveles de energía que mantiene un organismo ya sea en un sentido de ahorro o de gasto excesivo (Latournerié, 2007).

La Bioenergética y en específico la Ecología energética, se abocan al análisis de las tasas de gasto de energía, las pérdidas, ganancias y las eficiencias de las transformaciones de ésta, en términos de unidades ecológicas bajo condiciones de campo. Desde un enfoque ecofisiológico, se puede evaluar la energía de los organismos a partir del alimento, sus propiedades nutritivas y su valor energético, su consumo y asimilación y su distribución hacia la cobertura de los diferentes costos metabólicos en el organismo. Esta cobertura depende de condiciones tales como temperatura, pH, niveles de oxígeno disuelto, fotoperíodo, salinidad, turbidez, sexo, talla, peso, edad, alimentación, densidad, estado del ciclo de muda, entre otros factores; (Duncan and Klekowski, 1975).

La ecuación general del balance energético propuesta por Phillipson (1975), se conforma de los siguientes términos:

$$C = P + R + F + U$$

Dónde:

C = consumo de alimento o ingesta en un lapso determinado.

P = producción (incremento en biomasa como consecuencia del crecimiento somático o producción de gametos).

R = denota la respiración (energía de los procesos metabólicos de manutención y asimilación del alimento).

F = pérdidas de energía a través del alimento no asimilado (Heces).

U = comprende la excreción de los compuestos nitrogenados (desechos catabólicos en forma de orina o por vía branquial).

Los términos de esta ecuación son expresados en calorías o Joules por unidad de tiempo, por unidad de masa corporal o en el organismo intacto.

La ecuación considera la deducción de gastos energéticos de manutención y crecimiento a partir de una inversión inicial y un aporte constante de energía en el sistema. El conocimiento de este balance para los organismos de cultivo en sus distintas etapas de crecimiento, permite sugerir los requerimientos energéticos mínimos aportados por el alimento para lograr la mejor tasa de crecimiento.

En el presente estudio se determinaron los elementos (R) y (U) de la ecuación del balance de energía en una población de *L. stylirostris*, evaluando los costos de alimentación y las condiciones de crecimiento en estanques de cultivo de tipo semi-intensivo, se hace especial énfasis en el efecto que puede tener la alteración de la salinidad sobre el metabolismo de los camarones, considerando que el área donde se cultivan presenta oscilaciones constantes entre 20 – 30 ups, como consecuencia de fenómenos meteorológicos como lluvias y evaporación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. Área de estudio.**

La granja America Aquatech se localiza en el municipio de Pijijiapan en el estado de Chiapas, México, sus coordenadas geográficas se ubican entre los 15°25' - 15°50' de latitud norte y 93°00' - 93°25' de longitud oeste en la cuenca del río Pijijiapan, su clima es cálido sub-húmedo con lluvias en verano; presenta una precipitación anual inferior a los 2000 mm y en el mes más seco tiene menos de 60 mm; la temperatura media anual es de 27.8 °C y cuenta con vegetación típica de manglar (INEGI, 1987).

En la granja se lleva a cabo un cultivo de tipo semi-intensivo en ocho estanques de dimensiones entre 3 y 10 hectáreas cada uno, con 1.60 m de profundidad, los cuales rutinariamente se fertilizan con dolomita, magnesio y cal mixta, se siembra a una densidad de 30 – 35 organismos por metro cuadrado, se someten al efecto de ocho aireadores por estanque por períodos de 5 horas, se alimenta cuatro veces al día un total de 30 kg/estanque, se realiza un recambio de agua del 10%/semana y se obtiene una sobrevivencia final aproximada de 70%.

### **2. Calidad del agua de los estanques.**

En el estanque número 8 de la granja con una extensión de 3 hectáreas, se realizaron mediciones de (temperatura, pH y conductividad)<sup>1</sup>, turbidez<sup>2</sup>, salinidad<sup>3</sup>, oxígeno<sup>4</sup> y nitrógeno disueltos<sup>5</sup>. Se tomaron dos mediciones al

<sup>1</sup> Analizador múltiple de calidad del agua digital Cole Parmer.

<sup>2</sup> Disco de Secchi.

<sup>3</sup> Refractómetro Atago modelo S-10 ( $\pm 0.5$  ups).

<sup>4</sup> Oxímetro YSI modelo 51B ( $\pm 0.05$  mg/l).

día durante dos días en los puntos de entrada y salida de agua del estanque para verificar la homogeneidad de la calidad del agua del sistema.

### **3. Colecta y aclimatación de los organismos.**

En el estanque referido se colectaron camarones juveniles de la especie *L. stylirostris* en forma aleatoria, con peso húmedo (PH) promedio de 5.38 g (IC<sub>95%</sub>: 4.99 - 5.77 g), obteniéndose un tamaño de muestra de 300 especímenes. Los camarones se acondicionaron en las instalaciones del laboratorio de la granja, simulando las características físico-químicas de los estanques: temperatura ( $30 \pm 0.5$  °C), salinidad (28 ups) y oxígeno disuelto (superior a 3 mg/l), con agua proveniente del estanque de origen. Los ejemplares se aclimataron a las condiciones de laboratorio por un período mínimo de 6.5 horas previo a cualquier tratamiento experimental.

### **Evaluación de índices morfométricos y del tejido.**

Se tomó una sub-muestra de 100 organismos en la cual se delimitaron cinco clases talla de 0.77 g de ancho en relación al peso húmedo, rango (3.9 - 6.9 g), en las que se incluyeron ambos sexos. En estos organismos se midieron las siguientes medidas morfométricas: Longitud total ( $L_t$ ), longitud del cefalotórax ( $LC_t$ ), peso húmedo ( $\pm 0.05$  g) y sexo (Latournerié, 2007).

Algunos organismos se deshidrataron a 60° C por un lapso de 10 días para obtener su peso seco (PS). A partir de la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de los especímenes se calculó el porcentaje de agua corporal promedio. También se obtuvo el contenido de materia orgánica (MO) y minerales ( $C_e$ ), de una sub-muestra de los organismos finamente molidos e incinerados a 550 °C<sup>6</sup> durante 3.5 horas, calculándose ésta, a partir de la diferencia entre el PS y el peso seco libre de cenizas (PSLC = minerales). En otra sub-muestra se midió el contenido de energía del tejido por unidad de masa corporal (g PS), para las cinco clases talla, por medio del método de calorimetría directa<sup>7</sup>.

### **4. Stress de salinidad y respuesta del medio interno.**

Para medir las variaciones en el medio interno de los camarones se sometió a los organismos a un ambiente con temperatura constante (28 °C) y salinidad de 22 ups procedente de una dilución del agua del estanque de origen (28 ups), se tomaron 10 individuos del grupo control en el tiempo inicial ( $t_0$ ) y  $n = 7$  del grupo experimental y posteriormente en cinco tiempos de medición sub-muestras de  $n=3$  de cada condición ( $t_{6h}$ ,  $t_{12h}$ ,  $t_{21h}$ ,  $t_{27h}$ ,  $t_{49h}$ ). A cada organismo se le extrajo una muestra de hemolinfa por

---

<sup>5</sup> Kitts de análisis Tetra.

<sup>6</sup> Horno Lindberg ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ).

<sup>7</sup> Bomba calorimétrica PARR 1341 ( $\pm 0.005^\circ\text{C}$ ) estandarizada con ácido benzoico.

punción de la membrana tóraco-abdominal, empleando una pipeta Pasteur bañada con anticoagulante, la muestra se desfibriló y centrifugó durante 10 minutos a 10,000 RPM<sup>8</sup> y se midió su concentración osmótica<sup>9</sup>.

## **5. Tasa metabólica ( $QO_2$ ) y excreción nitrogenada ( $QNH_4$ ).**

Se realizaron estimaciones de la energía consumida por los camarones a través de la vía respiratoria y de excreción, en un nivel de metabolismo con actividad espontánea (metabolismo de rutina). Se realizaron dos ciclos de actividad metabólica, empleando un respirómetro semi-abierto con 8 cámaras individuales de 4 litros de capacidad y dos cámaras control, con camarones elegidos en forma aleatoria en cada condición de salinidad. Se tomaron cuatro mediciones por cada ciclo de 24 horas. En el caso de los organismos sometidos al stress de salinidad, se procedió al ensayo de metabolismo hasta que presentaron un equilibrio osmótico. La secuencia en los tratamientos de respirometría fue la siguiente: Primero una aclimatación mínima de tres horas de los organismos a las condiciones de las cámaras, luego una medición inicial de oxígeno disuelto<sup>4</sup> y nitrógeno combinado, seguida de un cierre hermético de la cámara, habiendo transcurrido un lapso de dos horas en el que no hubo intercambio de las cámaras con el exterior, se realizó una lectura final, seguida del reacondicionamiento de las cámaras metabólicas hasta recuperar los niveles de oxígeno iniciales.

El nitrógeno combinado se midió por medio de la técnica de azul de indofenol (Rodier, 1978), al inicio y término de cada lapso de medición, utilizando un espectrofotómetro Milton Roy 20D. Los valores promedio de consumo de oxígeno y excreción nitrogenada fueron convertidos a sus equivalentes de pérdidas de energía, empleando los coeficientes oxalóricos  $Q_{ox}$  (3.31 cal/mg  $O_2$ ) y  $Q_{ex}$  (4.05 cal/mg N- $NH_4$ ) respectivamente (Brafield and Salomón, 1972; Latournerié, 2007).

## **6. Evaluación de pérdidas de energía (R + U) y ración de manutención.**

A partir de la distribución de tallas de la muestra de camarones, se seleccionaron tres "organismos tipo", representando las tallas pequeña, mediana y grande, los pesos de los mismos se interpolaron en las ecuaciones de regresión  $QO_2$  - Peso corporal para calcular el  $QO_2$ /ejemplar/día y su posterior conversión a cal/ej/día, en el caso de los valores de excreción de nitrógeno se empleó el  $QNH_4$  promedio obtenido en cada tratamiento de salinidad.

---

<sup>8</sup> Centrifuga Hermle Z-320.

<sup>9</sup> Osmómetro semi-automático Osmette ( $\pm 1$  miliosmol (mOsm)).

La ración de manutención se calculó considerando las calorías invertidas por el organismo/día en respiración y excreción (R+U) dividido por el contenido de energía total del camarón de cada talla y multiplicado por 100 para expresarlo en %.

## RESULTADOS

### Calidad del agua durante la fase experimental.

Las condiciones del agua se pueden considerar homogéneas durante este período, debido a la poca variación que presentaron los parámetros medidos (Cuadro 1). La temperatura y la salinidad mostraron una variación mínima, y el resto de los parámetros se ubicaron dentro de los límites del óptimo de crecimiento para los animales cultivados (Velasco *et al.*, 1999).

**Cuadro 1.** Parámetros físico-químicos de la calidad del agua en el estanque 8 durante la fase experimental.

Parámetro	Promedio	Intervalo de confianza 95%
Temperatura (°C)	34.18	1.00
pH	7.80	0.16
salinidad (ups)	29.00	1.96
O <sub>2</sub> (mg/l)	3.32	0.59
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0.03	0.05
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.10	0.00
NH <sub>3-4</sub> (mg/l)	0.00	0.00

### Índices morfométricos y del tejido.

Se notaron algunas diferencias entre los sexos de la muestra analizada, aunque sin significancia estadística ( $p > 0.05$ ). Por ejemplo, los machos presentaron pesos menores en la distribución y las hembras tuvieron mayor variación en el grupo. A pesar de estas diferencias, se mantuvieron las proporciones en el resto de las relaciones alométricas, por lo cual ambos sexos se manejaron como una misma población en el resto de los tratamientos. Se obtuvieron las relaciones peso húmedo – longitud total y longitud total – longitud del cefalotórax (Cuadro 2), las cuales revelaron concordancias proporcionales entre las diferentes medidas anatómicas.

Se obtuvo un porcentaje de agua corporal promedio de 75.99 e IC<sub>95%</sub>: 75.79 – 76.19 %. No se percibió una distinción clara entre los intervalos de clase talla. El contenido de M.O. seca fue  $0.89 \pm 0.02$  g en un gramo de tejido. En relación al contenido de energía este fue de  $4473.8 \pm 562.9$  cal/g PS.

**Cuadro 2.** Relaciones alométricas de *L. stylirostris* juveniles en este estudio.

$$(Y = B_0 \pm E.S. * X^a \pm E.S)$$

Relación	Ecuación ajustada
longitud total - Peso húmedo	$Lt = (-10.9649 \pm 0.5178) * Ph^{2.6567 \pm 0.0858}$  $R^2 = 0.99$
longitud cefalotórax - longitud total	$Lct = (-0.9799 \pm 1.3132) * Lt^{3.5173 \pm 0.6593}$  $R^2 = 0.85$

**Aclimatación a 22 ups y cambios en el medio interno.**

A partir del cambio de salinidad (28 → 22 ups), se obtuvo un nuevo punto de estabilidad en el medio interno de los organismos 27 horas después de la transferencia (Fig. 1). En el nuevo estado compensatorio la concentración de la hemolinfa fue (451 ± 55.3 mOsm) a las 49 horas, menor al punto de equilibrio en el que inicialmente se encontraban los camarones a 28 ups (855 ± 34.0 mOsm). Este cambio no se relacionó significativamente ( $p > 0.05$ ), con el contenido de agua corporal o el contenido de energía de los organismos al alcanzar su nuevo punto de equilibrio.

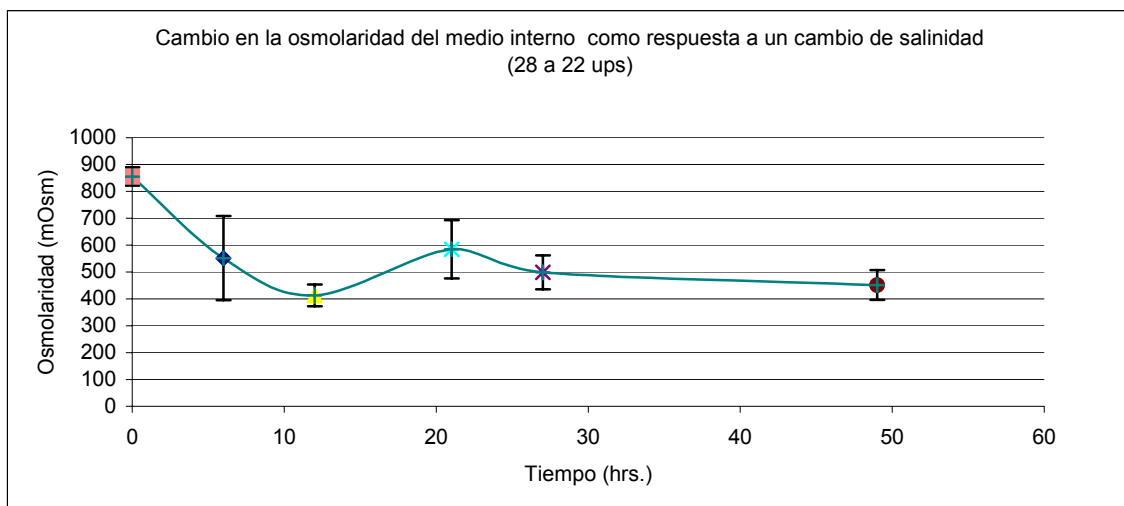


Fig. 1. Modificaciones en el medio interno de *L. stylirostris* después de una transferencia de salinidad a 28 °C.

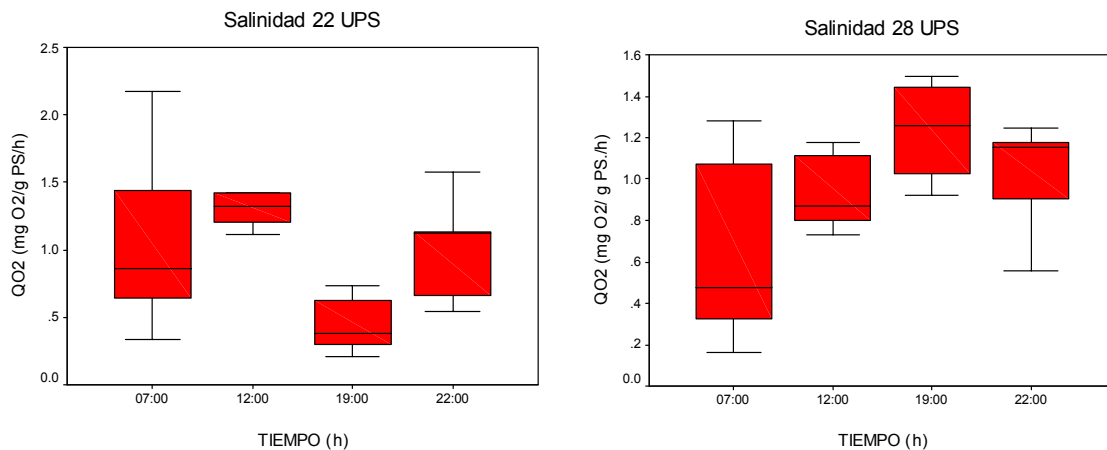
**Tasa metabólica de rutina.**

Los resultados de tasa respiratoria se pueden observar en las ecuaciones de regresión ajustadas, relacionando el metabolismo aerobio con el peso corporal de los camarones para cada uno de los ciclos experimentales (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Ecuaciones de Regresión para la tasa respiratoria ( $QO_2$ :mg  $O_2$ /gPS/h) de *L. stylirostris* a dos salinidades. (K y  $\alpha$ : Media  $\pm$  Error estándar: E.S)

$QO_2 = k * PS^\alpha$			
Constantes	K ( $x \pm$ E.S.)	$\alpha$ ( $x \pm$ E.S.)	$R^2$
28 ups	0.614, 0.012	-0.627, 0.050	0.97
22 ups	0.502, 0.032	-0.909, 0.176	0.90

Los valores obtenidos a partir de los modelos de regresión, no fueron significativamente distintos entre si, tampoco existieron diferencias entre los intervalos de clase talla. No obstante, el comportamiento de la tasa metabólica a través del tiempo en los ciclos medidos, presentó distintas tendencias en los camarones (Fig.2).



**Fig.2.** Fluctuaciones en la tasa metabólica de *L. stylirostris* en un ciclo de 24 horas a 28 y 22 ups.

Los organismos bajo condiciones de salinidad normal (28 ups), mostraron mayor variación en su tasa metabólica entre las fases de luz y oscuridad, así como un incremento en su actividad después del mediodía y en las primeras horas de la noche. Los camarones sometidos a 22 ups, exhibieron

una tasa metabólica de mayor variación entre individuos para cada lapso de medición y una tendencia hacia una mayor actividad durante la fase de luz del ciclo de 24 horas.

### Tasa de excreción nitrogenada.

En forma paralela al tratamiento de tasa respiratoria, se obtuvieron las medidas de excreción de nitrógeno de los camarones que se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Excreción nitrogenada (QN-NH<sub>4</sub>: mg NH<sub>4</sub>/g PS/h) de *L. stylirostris* en función de la salinidad y hora del día. (Media ± IC<sub>95%</sub>).

28 ups.		22 ups.	
Tiempo (hrs.)	QN-NH <sub>4</sub> $\chi \pm$ I. C. (95%)	Tiempo (hrs.)	QN-NH <sub>4</sub> $\chi \pm$ I. C. (95%)
06 - 08	0.021 ± 0.0300	06 - 08	0.386 ± 0.0414
11 - 13	0.010 ± 0.0069	11 - 13	0.057 ± 0.0170
18 - 20	0.037 ± 0.0161	18 - 20	0.373 ± 0.0624
21 - 23	0.053 ± 0.0303	21 - 23	0.070 ± 0.0569

Debido a la alta variabilidad en la tasa de excreción de los organismos, no fue posible ajustar los modelos de regresión, tasa - peso corporal, los valores medios de la excreción de los camarones con sus IC<sub>95%</sub> fueron: 0.030 ± 0.018 y 0.222 ± 0.179 mg NH<sub>4</sub>/gPs/h a 28 y 22 ups respectivamente.

### Pérdidas de energía por Respiración (R) y Excreción (U).

A partir de las marcas de clase de la distribución de tallas de peso corporal, se seleccionaron tres organismos tipo (pequeño, mediano y grande), en los cuales se calcularon las pérdidas de energía por metabolismo aerobio y nitrogenado, empleando las ecuaciones de regresión QO<sub>2</sub> - P.S y el QNH<sub>4</sub> promedio en ambas condiciones de salinidad. Los modelos de gasto energético y los índices corporales y del tejido se presentan en el Cuadro 5.

Se apreciaron diferencias entre los organismos tipo, en relación a su eficiencia metabólica, los ejemplares de menor talla requirieron de un porcentaje de energía de manutención mayor por unidad de masa corporal. Aún cuando la ecuaciones de regresión entre la tasa respiratoria y el peso

corporal no mostraron diferencias estadísticas significativas, existieron tendencias a la variación entre organismos de ambas salinidades, sobretodo en las tallas más pequeñas, conforme aumentó la biomasa de los camarones, estas diferencias disminuyeron.

**Cuadro 5.** Requerimiento energético diario para *L. stylirostris* de distinta talla a dos salinidades.

<b>Parámetros evaluados</b>	<b>Pequeño</b>		<b>Mediano</b>		<b>Grande</b>	
<b>Índices corporales</b>						
Peso húmedo (g)	3.654		5.012		6.454	
Peso seco (g)	0.881		1.208		1.555	
Longitud total (cm)	5.503		6.014		6.556	
Longitud del cefalotórax (cm)	1.843		1.988		2.142	
<b>Índices del tejido</b>						
Peso seco libre de cenizas (g)	0.784		1.075		1.384	
Contenido calórico del tejido (cal)	3,941.4		5,404.3		6,956.8	
<b>Pérdida de energía</b>						
Salinidad (ups)	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>22</b>
Tasa respiratoria <i>R</i> (cal / día)	116.9	166.8	95.8	125.1	81.8	99.4
Tasa de excreción nitrogenada <i>U</i> (cal / día)	2.8	37.1	2.8	37.1	2.8	37.1
Pérdida de energía por metabolismo de rutina ( <i>R + U</i> )	119.7	203.9	98.6	162.2	84.6	136.5
Energía de manutención % ( <i>R + U</i> )/Energía total *100	<b>3.0</b>	<b>5.2</b>	<b>1.8</b>	<b>3.0</b>	<b>1.2</b>	<b>2.0</b>

## DISCUSIÓN.

El stress de salinidad a la cual se sometieron los camarones en este estudio, refleja el proceso de variación al cual están sujetos bajo las condiciones de manejo en su sistema de crianza en la granja camaronícola. Es de esperarse que un descenso en la salinidad ocasionara una respuesta en la capacidad osmoregulatoria de los organismos cultivados. Esta

respuesta de ajuste en la concentración de solutos de la hemolinfa de los camarones alcanzó su estabilización a las 27 horas después de la alteración en el medio externo. En este lapso, los organismos requirieron de una inversión de energía para reducir el valor osmótico de su hemolinfa de 855 a 451.2 mOsm, a temperatura constante.

Castille and Lawrence (1981), propusieron para *L. stylirostris* un punto iosmótico (PI) en 24 ups en juveniles y subadultos. En otro estudio Lemaire (2002), encontró un (PI) en 735 mOsm a 26.2 ups. En ambos casos, es evidente que fuera del punto de equilibrio, ya sea en una condición de hiper o hipo-osmoticidad, se requiere de un aporte extra de energía para mantener esta condición en el tiempo. Con esto se infieren dos gastos energéticos distintos para el organismo: el primero al experimentar un cambio en el medio externo hasta estabilizarse y el segundo, para mantener esa situación de estabilidad.

Esto, para efectos prácticos se traduce en la necesidad de mantener las condiciones de salinidad en los estanques, lo más cercano posible al punto de equilibrio osmótico y la exigencia de evitar lo más posible, las oscilaciones constantes en los niveles de salinidad a lo largo del tiempo. Lo anterior, se puede observar directamente en la tasa respiratoria de los camarones. Aunque los resultados obtenidos del metabolismo de los organismos no difirieron estadísticamente entre si, se pueden observar tendencias que promueven un gasto diferencial de energía entre los organismos sometidos al stress de salinidad.

Es evidente la tendencia en los camarones en la salinidad de 22 ups, a utilizar una mayor cantidad de energía en su tasa respiratoria y de excreción de nitrógeno (en promedio 68.8% mayor que en 28 ups), así como una alta variabilidad individual, lo que denota una situación de stress. De igual forma, los organismos más pequeños en el intervalo de clases talla analizado, también realizan un mayor gasto de energía en comparación con los individuos de mayor talla (73.3% y 66.6%), respectivamente. En cambio, los organismos de la salinidad control, mostraron un gasto por excreción bajo y constante, así como tasas respiratorias homogéneas y de menor magnitud, lo que refleja un ahorro de energía en sus actividades metabólicas.

Si se utilizan los resultados obtenidos en este trabajo con un enfoque productivo, se puede pensar en un "Diseño de sistemas acuícolas basado en el enfoque fisiológico", tal y como lo propone (Spaargaren, 1997). En este tipo de diseño, además de contar con todos los requerimientos técnicos para el sistema de cultivo que se planea, se deben tener en cuenta las demandas metabólicas de los organismos en el sistema de producción, para manejar situaciones ambientales idóneas y alcanzar un crecimiento máximo.

El considerar las oscilaciones en algunos parámetros de calidad del agua como la salinidad, tiene un reflejo en la biomasa producida y constituye un desperdicio de la energía proporcionada por el alimento, y canalizada en actividades propias del metabolismo regulatorio, durante el proceso de ajuste al stress de salinidad, como es el caso de la alteración en la tasa respiratoria y la elevación en las cantidades de nitrógeno excretado. Al mantener condiciones estables y cercanas a las medidas del metabolismo óptimo, se puede esperar que la energía captada por ingestión, converja en procesos de producción de biomasa y por lo tanto en un rendimiento económico mayor.

El modelo propuesto por Phillipson (1975), para la ecuación del balance energético, sugiere una mayor energía potencial de crecimiento en la salinidad de 28 ups, en contraste a la obtenida a 22 ups para *L. stylirostris* en este sistema de cultivo y para las clases talla analizadas. De esta forma en los sistemas "fisiológicamente diseñados", se debe tomar en cuenta esta información para mantener condiciones que favorezcan el metabolismo de crecimiento y no el de regulación, que inclusive tiene desventajas inherentes como la disminución en la eficiencia de inmunidad a patógenos y cambios de tipo etológico.

## CONCLUSIONES.

- El cambio de salinidad inducido de 28 a 22 ups en el medio externo de los camarones, promovió un ajuste de la presión osmótica de la hemolinfa que alcanzó un equilibrio diferencial de 855 a 451 mOsm en un lapso de 27 horas.
- La tasa metabólica de los camarones no difirió significativamente entre las dos salinidades ensayadas, pero existió una tendencia a un mayor  $QO_2$  en los organismos a 22 ups. La excreción de nitrógeno si fue significativamente mayor a esta salinidad.
- El requerimiento de energía de los organismos tipo, fue mayor en las tallas más pequeñas y disminuyó al aumentar el peso corporal.
- Las raciones de manutención obtenidas, representan la cantidad de energía mínima que el organismo deberá ingerir para mantener su biomasa corporal y valores superiores a éstas promoverán el crecimiento en los camarones.
- El rendimiento económico se puede mejorar, teniendo en cuenta una mayor disciplina en la relación de egresos y bajo la planeación de "metabolismo óptimo - crecimiento óptimo" en los ambientes de

cultivo, lo cual incide directamente en gastos como el recambio de agua o la alimentación.

## RECOMENDACIONES.

Considerando los resultados obtenidos, se recomienda mantener los estanques de crecimiento lo más estable posible, alrededor de los 26 – 28 ups, evitar los cambios de salinidad abruptos, así como la medición continua de los principales parámetros físico – químicos para prevenir que los camarones pierdan su estado fisiológico estable, e incurran en menoscabo de sus reservas de energía que reduzcan su crecimiento y la rentabilidad del sistema de cultivo.

## LITERATURA CITADA.

- Chávez, S.M. 1998. Manual de cultivo de camarón para granjas camaronícolas en el estado de Sinaloa. BANCOMEEXT. México. p:31 - 55.
- Castille, L.F. and Lawrence, A. 1981. The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 68A:75 – 80.
- Chen, Jian-Chu; Chen, Chung-Tin and Cheng Sha-Yen. 1994a. Nitrogen excretion and changes of hemocyanin, protein and free amino acids levels in the hemolymph of *Penaeus monodon* exposed to different concentrations of ambient ammonia-N at different salinity levels. Marine Ecology Progress Serie. Vol 110:85 – 94.
- Dalla, G.J. 1986. Salinity responses of the juvenile penaeid shrimp *Penaeus japonicus* I. Oxygen consumption and estimations of productivity. Aquaculture. Vol 55:297 – 316.
- Dall, W. 1986. Estimation of routine metabolic rate of some marine planktonic crustacean. Biol. Bull. Vol 119:399 – 415.
- Lei, C.H. Hasieh, L.Y and Chen, C.K. 1989. Effects of salinity on the oxygen consumption and ammonia-N excretion of young juveniles of the grass shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius. Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica. Vol. 28:245 – 256.
- Lignot, J.H; Cochard, J.C; Soyeux, C; Lemaire, P and C. Charmentier. 1999. Osmoregulatory capacity according to nutritional status, molt stage and body weight in *Penaeus stylirostris*. Aquaculture. Vol. 170:79 -92.
- Ponce-Palafox, J; Martínez-Palacios, C.A. and L.G. Ross. 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. Aquaculture. Vol. 157:107 – 115.

- Lemaire, P; Bernard, E; Martínez-Paz, J.A. and I. Chim. 2002. Combined effect of temperature and salinity on osmoregulation of juvenile and subadult *Penaeus stylirostris*. Aquaculture. Vol. 209:307 – 317.
- Rosas, C; Cuzon, G; Gaxiola, G; Pascual, C; Taboada, G; Arena, L. and A. Wormhoudt. 2002. An energetic and conceptual model of the physiological role of dietary carbohydrates and salinity on *Litopenaeus vannamei* juveniles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 268:47 – 67.
- Díaz, H.F. y J.R. Latournerié. 1980. Factores Fisiológicos que afectan la supervivencia y el metabolismo energético de dos especies de peneidos (*Penaeus aztecus* y *P. setiferus*) de la laguna de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. 38p.
- Brito, R; Chimal, M.E. and C. Rosas. 2000. Effect of salinity in survival, growth and osmotic capacity of early juveniles of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Decapoda:Penaeidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 244:253 – 263.
- Perazzolo, L.M; Gargioni, R; Ogliari, P. and M.A. Barracco. 2002. Evaluation of some hematoimmunological parameters in the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* submitted to environmental and physiological stress. Aquaculture. Vol. 214(1-4):19 – 33.
- Latournerié, J.R. 2007. Estudios Ecofisiológicos sobre el camarón café *Penaeus aztecus* (Ives) de la laguna de Tamiahua, Veracruz. Tesis Doctor en Ciencias (Biología). División de Posgrado. Facultad de Ciencias, UNAM. 149p.
- Lin, H.P. 1993. Effects of the ammonia on survival and osmoregulation of various development stages of the shrimp *Penaeus japonicus*. Marine Biology. Vol. 117:591 – 598.
- Duncan, A. and R.Z. Klekowski. 1975. Parameters of an energy budget. In: Grodzinsky, W. et al. METHODS FOR ECOLOGICAL ENERGETICS. IBP 24. Blackwell Scientific Publication. Oxford. p:353 – 362.
- Phillipson, J. 1975. Introduction to Ecological Energetics. In: Grodzinsky, W. et al. METHODS FOR ECOLOGICAL ENERGETICS. IBP 24. Blackwell Scientific Publication. Oxford. p:3 – 13.
- INEGI. 1987. Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del estado de Chiapas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 223p.
- Brafield, A.E. and D.J. Solomon. 1972. Oxy-calorific coefficients for animals respiring nitrogenous substrates. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 43A:837 – 841.
- Velasco, M; Lawrence, A.L. and F.L. Castille. 1999. Effect of variations in daily feeding frequency and ration size on growth of shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), in zero-water exchange culture tanks. Aquaculture. Vol. 179:141 – 148.

- Spaargaren, D.H. 1997. Physiological constraints in shrimp cultures. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 118A No.4:1371 – 1