

## EFEITO COMBINADO DE TEMPERATURA Y SALINIDAD EN EL CONSUMO DE OXÍGENO EN POSTLARVAS DE CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei*

Pablo PIÑA-VALDEZ<sup>1,2</sup>; Juan Francisco ARZOLA-GONZALEZ<sup>1</sup>; Mario NIEVES-SOTO<sup>1,2</sup>;  
María Alejandra MEDINA-JASSO<sup>1</sup>

### RESUMEN

El objetivo fue analizar el efecto combinado de temperatura y salinidad sobre el consumo de oxígeno en postlarvas (PL12) de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Se realizaron cinco experimentos en combinación de temperatura (15, 20, 25, 30 y 35 °C) y salinidad (5, 15, 25, 35 y 45 ups). Por cada temperatura se utilizaron en total 125 botellas DBO de 300 mL, de las cuales, 100 correspondieron a los tratamientos (temperatura x salinidad) con 20 postlarvas cada una, 20 botellas a los blancos (sin postlarvas) y las 5 restantes como iniciales. Las botellas se mantuvieron en agua recirculando con temperatura controlada dentro de cinco tinas de fibra de vidrio (124X60X19 cm). Se realizaron cuatro lecturas del consumo de oxígeno para un tiempo transcurrido de 1, 2, 4 y 8 h. A la primera hora, se obtuvieron 35 lecturas del consumo (25 tratamientos [con postlarvas], 5 blancos y 5 iniciales). A las 2 h, correspondieron a 30 botellas (25 con postlarvas y 5 blancos), e igualmente a las 4 y 8 h. Se obtuvo los mayores consumos de oxígeno a una mayor temperatura y salinidad, aunque, los máximos fueron 14.36 (35 °C, 25 ups) y 13.52 (30 °C, 45 ups)  $\mu\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1} \text{PL}$  y el mínimo en 0.07 (20 °C, 5 ups)  $\mu\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1} \text{PL}$ . La temperatura, salinidad y su interacción fueron significativas ( $P < 0.05$ ) sobre el consumo de oxígeno. Los mejores consumos de oxígeno en las postlarvas de *L. vannamei* fueron en temperatura de 25 a 30 °C y salinidad entre 15 y 25 ups.

**Palabras clave:** respiración; larvas; camarón blanco del Pacífico; condiciones hidrológicas

## EFEITO COMBINADO DE TEMPERATURA E SALINIDADE NO CONSUMO DE OXIGÊNIO DE PÓSLARVAS DE CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus vannamei*

### RESUMO

O objetivo foi analisar o efeito combinado de temperatura e salinidade sobre o consumo de oxigênio em pós-larvas (PL12) de camarão branco *Litopenaeus vannamei*. Realizaram-se cinco experimentos em combinação de temperatura (15, 20, 25, 30 e 35 °C) e salinidade (5, 15, 25, 35 e 45 ups). Para cada experimento foram utilizadas, no total, 125 garrafas de DBO de 300 mL, das quais 100 corresponderam aos tratamentos (temperatura x salinidade), com 20 pós-larvas cada uma, 20 garrafas como controle (sem pós-larvas) e as 5 restantes, como iniciais. As garrafas mantiveram-se em água recirculando com temperatura controlada dentro de cinco tinas de fibra de vidro (124X60X19 cm). Realizaram-se quatro leituras do consumo de oxigênio para um tempo decorrido de 1, 2, 4 e 8 h. À primeira hora, obtiveram-se 35 leituras do consumo (25 para os tratamentos [com pós-larvas], 5 brancos e 5 iniciais). Às 2 h, as leituras corresponderam a 30 garrafas (25 com pós-larvas e 5 brancos), e igualmente às 4 e 8 h. Os maiores consumos de oxigênio foram obtidos na maior temperatura e salinidade, sendo que os máximos foram 14,36 (35 °C, 25 ups) e 13,52 (30 °C, 45 ups)  $\mu\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1} \text{PL}$  e o mínimo 0,07 (20 °C, 5 ups)  $\mu\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1} \text{PL}$ . A temperatura, salinidade e sua interação foram significativas ( $P < 0.05$ ) sobre o consumo de oxigênio. Os melhores consumos de oxigênio nas pós-larvas de *L. vannamei* foram a temperaturas de 25 e 30 °C e salinidade de 15 e 25 ups.

**Palavras chave:** respiração; larvas; camarão branco do Pacífico; condições hidrológicas

---

**Artigo Científico:** Recebido em 05/11/2013 – Aprovado em 16/11/2014

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Programa Regional para el Doctorado en Biotecnología. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. e-mail: farzola@uas.edu.mx (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México.

## COMBINED EFFECT OF TEMPERATURE AND SALINITY ON OXYGEN CONSUMPTION ON WHITE SHRIMP *Litopenaeus vannamei* POSTLARVAE

### ABSTRACT

The aim was evaluated the combined effect of temperature and salinity on consumption oxygen in postlarvae (PL12) white shrimp *Litopenaeus vannamei*. There were realized five experiments in combination of temperature (15, 20, 25, 30 and 35 °C) and salinity (5, 15, 25, 35 y 45 psu). There were used for each experiment 125 bottles DBO of 300 mL, of which, 100 corresponded to the treatments (temperature x salinity) with 20 postlarvae, 20 to the whites (without postlarvae) and 5 were considered to be initial. The bottles were kept in water re-circulating with temperature controlled inside of five reservoir of glass fiber. There were realized four readings of the consumption of oxygen for a time of 1, 2, 4 and 8 h. In the first hour, there were obtained 35 readings of the consumption (25 treatments [with postlarvae], 5 whites and 5 initials). At 2 h, corresponded to 30 bottles (25 with postlarvae and 5 whites), and equally at after 4 y 8 h. The high consumption oxygen were obtained to a highest salinity and temperature, though the maximum was 14.36 (35 °C, 25 psu) and 13.52 (30 °C, 45 psu)  $\mu\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1}$  PL and the minim in 0.07 (20 °C, 5 psu)  $\mu\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1}$  PL. The oxygen consumption were significantly ( $P < 0.05$ ) affected by temperature, salinity and interaction of both factors. Whereas at 25 and 30 °C and 15 and 25 psu, showed the best oxygen consumption.

**Keywords:** respiration; larvae; Pacific white shrimp; hydrological conditions

### INTRODUCCIÓN

La camaronicultura es la principal actividad de cultivo de organismos acuáticos de importancia económica en el noroeste de México. Además, en los próximos años continuara siendo una industria de gran importancia, con una expectativa de crecimiento exponencial en la actividad acuícola y particularmente camaronícola. Dicha actividad está basada en la producción de postlarvas de calidad por los laboratorios comerciales productores de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (PIÑA-VALDEZ *et al.*, 2006; ARZOLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2008).

Entre los procesos fisiológicos que se alteran en las postlarvas de camarón por influencia de la temperatura y la salinidad, se encuentran el consumo de oxígeno; en postlarvas de camarón se determinó que los consumos aumentan o disminuyen ante las diferentes combinaciones de temperatura y salinidad a las cuales son cultivadas, lo cual, generalmente está relacionado con la ubicación geográfica de las granjas del país.

La cuantificación del oxígeno es esencial para el desarrollo de organismos acuáticos y en particular de larvas y postlarvas. Su estimación permite evaluar los efectos de algunas variables ambientales como la temperatura y salinidad. Incluso, en peneidos cuando fueron sometidas a cambios bruscos de salinidad en un medio

acuático, las postlarvas incrementaron su consumo de oxígeno (RE-ARAUJO *et al.*, 2004; SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2005). Ambos factores son variables altamente interactivas con los gases disueltos, lo que genera una dificultad en el manejo de la concentración del oxígeno disuelto en el agua y por consecuencia con los requerimientos mínimos por los organismos en cultivo. Los estanques comerciales de postlarvas, generalmente contienen una elevada biomasa, por lo tanto, es importante asegurar la disponibilidad del oxígeno entre las postlarvas cultivadas. Por tal razón, la eficiencia en la oxigenación del agua de los estanques es motivo de preocupación permanente por los productores de postlarvas, ya que una disminución por debajo del nivel mínimo tolerado por las postlarvas podrían provocar su mortalidad (RE-ARAUJO y DÍAZ-HERRERA, 2011).

Para la producción comercial de postlarvas, es prioritario el conocimiento del consumo de oxígeno a diferentes condiciones de temperatura y salinidad debido a que el consumo podría ser considerado como un indicador directo de las reservas metabólicas en las postlarvas de camarón, así como para el flujo de energía que los organismos requieren para su control homeostático (SALVATO *et al.*, 2001; RE-ARAUJO *et al.*, 2004). Además, la temperatura y salinidad son unos de los principales factores abióticos que influyen en todas las actividades biológicas de

los organismos peneidos (ARZOLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2008; MIRANDA *et al.*, 2010; RAMOS-DÍAZ y ANDREATTA, 2011).

En postlarvas de camarón, la salinidad interviene en el proceso osmorregulatorio (VALDEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2008), mientras que la temperatura actúa directamente en su desarrollo y crecimiento. Se ha determinado que la temperatura y salinidad influyeron en la cantidad de oxígeno disponible en los organismos peneidos (SALVATO *et al.*, 2001; RE-ARAUJO *et al.*, 2004; SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2005), además, durante el desarrollo de larvas y postlarvas, la acción de un factor actúa como un modulador positivo o negativo del efecto del otro en los estanques de producción comercial (VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.*, 2011).

*Litopenaeus vannamei* es considerada una especie tropical o subtropical, y se desarrolla satisfactoriamente a temperaturas entre 25 y 28 °C, aunque también crecen de manera aceptable entre 20 y 30 °C. La salinidad para esta especie varía de 15 a 30 ups (MARTÍNEZ-CÓRDOVA, 1999; FRÍAS-ESPERICUETA *et al.*, 2005), sin embargo, puede sobrevivir a salinidades menores, e incluso se han cultivado en agua dulce (PALACIOS y RACOTTA, 2007; ARZOLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2008). Lo anterior, está relacionado al ciclo de vida de los camarones peneidos, quienes en la fase de postlarvas ingresan a las lagunas y estuarios hasta alcanzar su desarrollo como pre-adultos, para luego regresar a las aguas marinas. La preferencia de los estadios de postlarvas a las aguas salobres se ha demostrado bajo condiciones de laboratorio (ARZOLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2013), y se ha señalado que en particular las postlarvas de *L. vannamei* ingresan a aguas salobres pero los juveniles y adultos se distribuyen a aguas marinas.

Existen algunos estudios del efecto de la temperatura y salinidad sobre el consumo de oxígeno utilizando respirómetros, o cámaras respirométricas, en camarones peneidos como *Farfantepenaeus californiensis* (VILLARREAL-COLMENARES y RIVERA, 1993), *Farfantepenaeus aztecus* (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ y DÍAZ-HERRERA, 1995), *Litopenaeus stylirostris* (DÍAZ-HERRERA *et al.*, 2004; SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2005; RE-ARAUJO *et al.*, 2006) y *L. vannamei* (LI *et al.*, 2007; BETT y VINATEA-ARANA, 2009; VALENZUELA-

QUIÑONEZ *et al.*, 2011), los cuales han contribuido que la estimación varía de acuerdo a su fase de desarrollo y a las características fisiológicas respiratorias de cada especie. Por lo tanto, como objetivo se analizó el efecto combinado de temperatura (15, 20, 25, 30 y 35 °C) y salinidad (5, 15, 25, 35 y 45 ups) sobre el consumo de oxígeno en postlarvas de camarón blanco *L. vannamei* bajo condiciones de laboratorio. Sobre todo, para poder establecer las mejores condiciones del consumo de oxígeno ante dichas variables hidrológicas a las cuales generalmente son sometidas las postlarvas durante su siembra y cultivo en las diferentes granjas del país.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron postlarvas (PL12 - doce días en fase de postlarva) de camarón blanco *L. vannamei* con un peso promedio de 0.20 mg ( $\pm 0.01$ ) de peso seco (PS) proporcionadas por un laboratorio comercial del sur de Sinaloa, México. Las postlarvas (PL10) se transportaron en una hielera dentro de bolsas de plástico con agua de mar, oxígeno a saturación y temperatura de 27 °C. Las postlarvas a las mismas condiciones de temperatura (27 °C) y salinidad (35 ups) de su procedencia, se colocaron en un tanque de plástico de 400 L (70 postlarvas L<sup>-1</sup>) con agua de mar a 35 ups filtrada a 10, 5 y 1  $\mu\text{m}$ . En este tanque se mantuvieron por 24 h; la eliminación de las heces se realizó por un sifón protegido con una malla de 200  $\mu\text{m}$ . Después de la aclimatación, las postlarvas que fueron utilizadas en los experimentos no fueron alimentadas previamente por 24 h para evitar una alteración en el consumo de oxígeno por el metabolismo de la digestión (LI *et al.*, 2007; VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.*, 2011). Además, previamente a la fase experimental y con la finalidad de analizar la condición de las postlarvas, estas fueron sometidas a pruebas de estrés bajo las diferentes temperaturas y salinidades utilizadas, reflejando en promedio una alta supervivencia del 98% (ARZOLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2013).

Para la determinación del efecto de la temperatura y salinidad en la respiración de las postlarvas (PL12), se realizaron cinco experimentos en combinación de la temperatura (15, 20, 25, 30 y 35 °C) y salinidad (5, 15, 25, 35 y 45 ups). Para

incrementar la salinidad (45 ups), se añadió sal granulada (sin yodo) al agua de mar (35 ups) a una concentración de 10 g L<sup>-1</sup>; para disminuir la salinidad, se agregó agua dulce filtrada a 10, 5 y 1 µm (filtro de cartucho) al agua de mar, después se verificó la salinidad en los tratamientos con un refractómetro digital VITALSINE, SR-6.

#### *Diseño experimental*

Por experimento se utilizaron 125 botellas BOD transparentes de 300 mL (en total 625), de las cuales, 100 botellas correspondieron a los tratamientos de salinidad y temperatura con una densidad por botella de 20 postlarvas (cinco botellas por cada combinación de salinidad y temperatura), 20 se utilizaron como testigos (sin postlarvas) y cinco se consideraron como inicial (cantidad de oxígeno disuelto en el agua). Por cada experimento, las botellas se mantuvieron en una tina de fibra de vidrio de 124X60X19 cm con agua en recirculación por una bomba sumergida con una capacidad de 1 Hp. La temperatura experimental fue controlada por un calentador conectado a un termorregulador (FINNER, HC-0800) dependiendo del tratamiento.

Se realizaron cuatro lecturas del consumo de oxígeno a las 1, 2, 4 y 8 horas de exposición experimental. A la primera hora, se obtuvieron 35 lecturas (25 botellas con postlarvas, cinco sin postlarvas y cinco iniciales), posteriormente a las 2, 4 y 8 horas, correspondieron en forma sucesiva por cada lectura las siguientes 30 botellas (25 con postlarvas y cinco sin postlarvas). Para la medición del consumo de oxígeno, se utilizó un oxímetro (PRESENS) con sensor polarográfico de fibra óptica previamente calibrado; para su lectura del oxígeno se tomó por botella una muestra de 3 mL con una jeringa y se conectó directamente con el sensor del oxímetro, estimando así la cantidad de oxígeno disuelto en cada botella; después de cada lectura, se eliminaron todas las botellas utilizadas.

Para estimar el consumo de oxígeno por cada tratamiento, se obtuvo por las diferencias en los promedios de la cantidad de oxígeno en las botellas testigo (sin postlarvas), menos la cantidad media de oxígeno en las botellas con las postlarvas, obteniendo así, la cantidad promedio del consumo de oxígeno por las postlarvas. Para estimar el consumo por postlarva (VO<sub>2</sub>), la cantidad de oxígeno consumido en cada botella

se dividió entre el número de postlarvas (20 postlarvas) contenidas en cada botella (SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2005; RE-ARAUJO y DÍAZ-HERRERA, 2011; VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.*, 2011), el consumo de oxígeno fue expresado en µg L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> PL (peso seco, PS).

Par la estimación del PS, se utilizaron filtros de fibra de vidrio Whatman de 25 mm; estos fueron secados a 450 °C y después fueron pesados (± 0.01 mg). En cada filtro se depositaron 20 postlarvas y se mantuvieron por 24 h en una estufa a 60 °C; posteriormente fueron pesados los filtros hasta obtener su peso constante. Luego se volvieron a calcinar los filtros a 450 °C y se obtuvo el peso inorgánico, mientras que el peso orgánico, se estimó por la diferencia entre ambos pesos, de acuerdo a SOROKIN (1973). Al final, se obtuvo el PS promedio por postlarva, dividiéndose el peso entre las 20 postlarvas.

#### *Análisis estadístico*

A los datos del consumo de oxígeno, se les aplicaron las pruebas de normalidad (Lillieford) y homoscedasticidad (Bartlett) y posteriormente fueron analizados mediante pruebas de ANOVA de dos vías, como tratamientos las diferentes combinaciones de temperatura y salinidad, y como factores, la temperatura y salinidad (diseño factorial 5X5). Cuando resultó significativo, se realizaron pruebas de comparaciones múltiples (Tukey), en todos los casos se utilizó un nivel de significancia (α) de 0.05 (ZAR, 2009) y el ajuste de medias se calculó por el paquete Statistica, V 8.0 (STATSOFT, 2008). El tiempo no se consideró como otro factor debido a que los resultados del consumo de oxígeno fueron estandarizados por hora. Sin embargo, para determinar cuándo las postlarvas mantenían estadísticamente estable su consumo de oxígeno respecto al tiempo, adicionalmente se realizó un ANOVA de una vía, como tratamientos los consumos en las combinaciones de temperatura y salinidad y como factor el tiempo (horas).

## **RESULTADOS**

La concentración inicial de oxígeno entre las diferentes combinaciones de temperatura y salinidad a las cuales fueron sometidas las postlarvas, oscilaron de 6.95 a 9.71 mg L<sup>-1</sup>, resultando los

valores menores a una mayor temperatura (35 °C), mientras que los mayores correspondieron a una menor temperatura del agua (15 °C). Posteriormente, los máximos consumos de oxígeno por las postlarvas de camarón blanco expuestas a los diferentes tratamientos de temperatura y salinidad, resultaron en 14.36 (35 °C y 25 ups) y 13.52 (35 °C y 45 ups)  $\mu\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1}$  PL y el mínimo correspondió a 0.07  $\mu\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1}$  PL (20 °C y 5 ups).

La temperatura, salinidad y la interacción de dichas variables hidrológicas (ANOVA de dos

vías,  $P < 0.05$ ), resultaron estadísticamente significativas sobre el consumo de oxígeno en las postlarvas de *L. vannamei*. Después de 4 h, se observó que las postlarvas expuestas a las diferentes combinaciones de temperatura y salinidad, no presentaron diferencias estadísticas en los consumos de oxígeno, lo cual indicó que las postlarvas a partir de este tiempo, no presentaron diferencias por los efectos de la temperatura y salinidad sobre el consumo de oxígeno, a excepción de las interacciones de 20 °C y 45 ups y 30 °C y 35 ups (Tabla 1).

**Tabla 1.** Consumo promedio ( $\pm$  desviación estándar) de oxígeno [ $\mu\text{g L}^{-1}\text{h}^{-1}\text{PL}$  (PS)] en postlarvas de *Litopenaeus vannamei* a diferentes temperaturas (°C) y salinidades (ups) respecto al tiempo.

Tiempo (h)	Temperatura/salinidad (°C/ups)				
	15/5	15/15	15/25	15/35	15/45
1	3.362 $\pm$ 1.23b	3.804 $\pm$ 1.81b	1.557 $\pm$ 0.88b	2.74 $\pm$ 1.72b	3.233 $\pm$ 1.41b
2	2.968 $\pm$ 0.39b	1.080 $\pm$ 0.40a	1.265 $\pm$ 0.11ab	1.338 $\pm$ 0.21ab	1.338 $\pm$ 0.18a
4	1.382 $\pm$ 0.21a	0.893 $\pm$ 0.30a	0.594 $\pm$ 0.86a	1.215 $\pm$ 0.12ab	1.123 $\pm$ 0.32a
8	1.413 $\pm$ 0.48a	0.925 $\pm$ 0.15a	0.817 $\pm$ 0.33ab	0.838 $\pm$ 0.34a	1.077 $\pm$ 0.19a
	20/5	20/15	20/25	20/35	20/45
1	2.333 $\pm$ 1.28a	0.892 $\pm$ 0.48a	2.597 $\pm$ 0.80b	0.500 $\pm$ 0.45a	2.724 $\pm$ 0.25d
2	2.698 $\pm$ 0.63a	0.970 $\pm$ 0.33a	1.281 $\pm$ 0.42a	1.110 $\pm$ 0.27b	2.005 $\pm$ 0.39c
4	2.268 $\pm$ 0.60a	0.778 $\pm$ 0.08a	0.095 $\pm$ 0.14a	1.127 $\pm$ 0.29b	1.398 $\pm$ 0.36b
8	1.542 $\pm$ 0.31a	0.447 $\pm$ 0.37a	0.786 $\pm$ 0.10a	0.784 $\pm$ 0.10ab	0.793 $\pm$ 0.18a
	25/5	25/15	25/25	25/35	25/45
1	1.897 $\pm$ 0.68a	2.996 $\pm$ 0.20a	3.748 $\pm$ 0.89c	3.439 $\pm$ 1.45a	5.722 $\pm$ 1.74b
2	1.891 $\pm$ 0.76a	3.462 $\pm$ 0.38a	3.452 $\pm$ 0.61bc	3.494 $\pm$ 1.50a	4.199 $\pm$ 0.61ab
4	1.741 $\pm$ 0.36a	2.758 $\pm$ 0.73a	2.543 $\pm$ 0.20ab	2.377 $\pm$ 0.24a	4.292 $\pm$ 0.42ab
8	2.547 $\pm$ 0.18a	2.711 $\pm$ 0.38a	2.246 $\pm$ 0.42a	2.778 $\pm$ 0.70a	3.510 $\pm$ 0.60a
	30/5	30/15	30/25	30/35	30/45
1	3.235 $\pm$ 0.91a	5.020 $\pm$ 2.36a	11.223 $\pm$ 2.15c	10.638 $\pm$ 1.07b	10.052 $\pm$ 2.09b
2	6.665 $\pm$ 1.48b	7.455 $\pm$ 1.78a	8.351 $\pm$ 1.11b	8.443 $\pm$ 2.14ab	8.021 $\pm$ 0.90ab
4	6.303 $\pm$ 1.70b	5.912 $\pm$ 1.22a	7.783 $\pm$ 1.24ab	7.653 $\pm$ 1.75b	7.758 $\pm$ 1.07ab
8	6.019 $\pm$ 1.21b	6.015 $\pm$ 0.61a	5.511 $\pm$ 0.94a	5.781 $\pm$ 1.23a	6.504 $\pm$ 1.92a
	35/5	35/15	35/25	35/35	35/45
1	4.420 $\pm$ 2.51a	5.506 $\pm$ 2.60a	10.916 $\pm$ 2.68b	4.664 $\pm$ 2.86a	9.653 $\pm$ 2.12a
2	6.636 $\pm$ 1.50a	7.359 $\pm$ 1.83a	8.565 $\pm$ 2.19ab	7.536 $\pm$ 2.63a	11.434 $\pm$ 3.07a
4	5.956 $\pm$ 1.68a	7.106 $\pm$ 1.73a	6.788 $\pm$ 0.87a	8.708 $\pm$ 2.62a	8.469 $\pm$ 2.49a
8	5.427 $\pm$ 0.36a	6.305 $\pm$ 0.93a	6.121 $\pm$ 1.70a	5.884 $\pm$ 1.19a	7.778 $\pm$ 0.84a

Letras distintas por columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

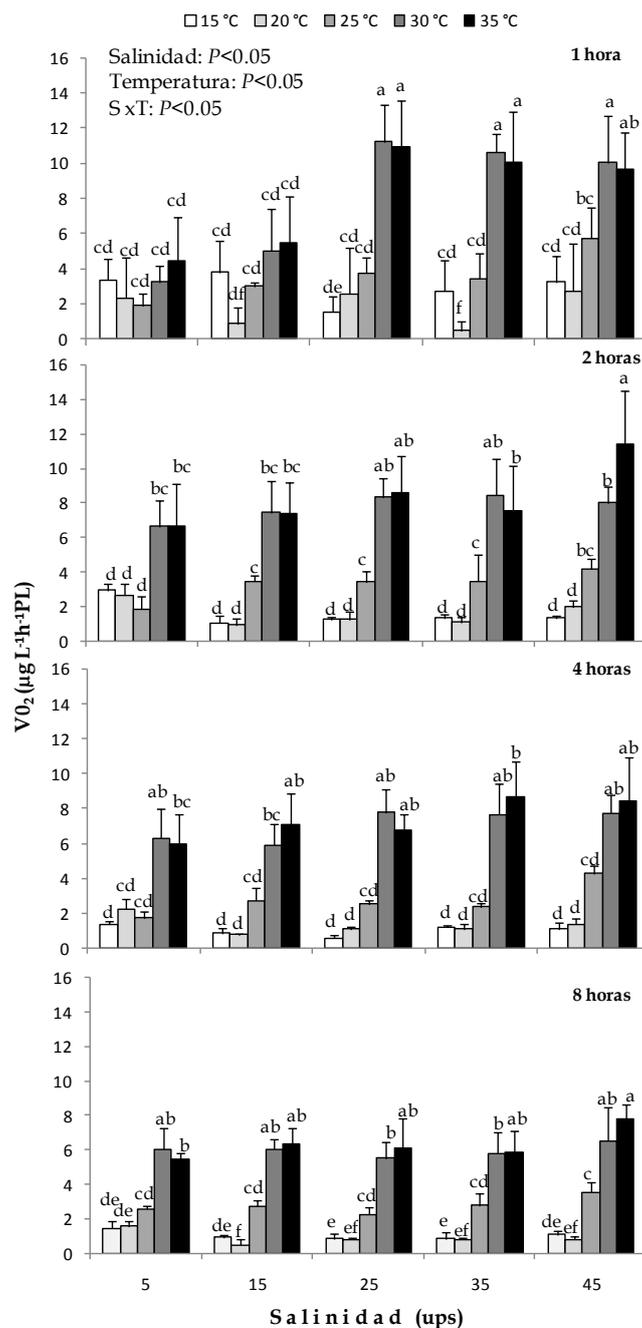
Se obtuvo que para todas las temperaturas en combinación a la salinidad de 15 ups, los consumos de oxígeno no fueron significativos; es decir, no resultaron estadísticamente con diferencias en las temperaturas sobre el efecto del

consumo de oxígeno para cualquier tiempo de exposición experimental, a excepción de la primera hora en la interacción de 15 °C y 15 ups. Además, a una temperatura de 35 °C en combinación a cualquier salinidad, no se

detectaron diferencias estadísticas respecto al tiempo, a excepción de 35 °C y 25 ups entre 1 y 2 h de exposición. A 25 °C en combinación con 5, 15 y 35 ups, no se presentaron diferencias entre las cuatro lecturas. Mientras a 20 °C con interacción de 5 y 15 ups no se detectaron diferencias respecto a los tiempos, aunque a 20 °C y 25 ups, solamente se detectaron diferencia estadísticas entre la primera hora y los siguientes tiempos. A 45 ups en

interacción a cualquier temperatura, el consumo de oxígeno resulto significativo, a excepción de la combinación con 35 °C (Tabla 1).

Los valores más altos del consumo de oxígeno en las postlarvas, independientemente del tiempo, se detectaron en las combinaciones de temperaturas de 30 y 35 °C con salinidades de 35 y 45 ups (Figura 1).



**Figura 1.** Consumo de oxígeno [ $\mu\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1} \text{PL}$  (PS)] en postlarvas de *L. vannamei* a diferentes salinidades y temperaturas. Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

Los valores de oxígeno inicial en los contenedores del agua que se utilizaron en el presente estudio para los diferentes tratamientos y testigos (6.95 a 9.71 mg L<sup>-1</sup>), se ubicaron dentro de lo señalado en algunas especies de camarones peneidos y en particular, en condiciones comerciales para laboratorios de producción de postlarvas de camarón blanco *L. vannamei* (BETT y VINATEA-ARANA, 2009; RE-ARAUJO *et al.*, 2009; VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.*, 2011). Los valores aquí registrados del oxígeno disuelto se ubicaron muy por encima de ZHANG *et al.* (2006), quienes determinaron que la mortalidad de postlarvas, juveniles y adultos de peneidos, se presentaron por debajo de 0.65 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, considerando estos autores como la cantidad mínima de oxígeno disuelto en el agua para sobrevivir. Además, BETT y VINATEA-ARANA (2009) indicaron que en cultivos super-intensivos de *L. vannamei* bajo condiciones críticas de oxígeno se han mantenido hasta por 31.8 min.

Se observó que, independientemente del máximo y mínimo consumo de oxígeno, a 20 °C el consumo fue menor en la mayoría de las combinaciones con salinidad, a excepción de 25 ups, donde las postlarvas disminuyeron ligeramente el consumo de oxígeno. En el presente estudio, los menores consumos de oxígeno a 20 °C coincidió con VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.* (2011) quienes indicaron en postlarvas de *L. vannamei* que los menores consumos de oxígeno correspondieron a 20 °C, mientras en postlarvas de *L. stylirostris*, los valores menores se detectaron a 30 °C (SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2005).

Los análisis estadísticos determinaron que la temperatura, salinidad y ambas variables (interacción) afectaron el consumo de oxígeno en las postlarvas ( $P < 0.05$ ). Estos resultados coincidieron con DÍAZ-HERRERA *et al.* (2004) y SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.* (2005) quienes indicaron en postlarvas de *L. stylirostris* que la temperatura fue significativa respecto al consumo de oxígeno, pero en contraste al presente estudio, dichos autores determinaron que la salinidad y su interacción de ambas variables (temperatura y salinidad) no influyeron estadísticamente en los consumos de oxígeno. Es posible que la diferenciación en la significancia de

la salinidad sobre el consumo de oxígeno, esté relacionado con características biológicas propias de las postlarvas (LEMO *et al.*, 2001; RACOTTA *et al.*, 2003; PALACIOS y RACOTTA, 2007), debido a que los intervalos de las salinidades aquí utilizadas, correspondieron a las fluctuaciones naturales en donde la especie y en particular al estadio de postlarva se encuentran generalmente expuestas.

El efecto combinado de la temperatura y la salinidad con respecto al consumo de oxígeno en postlarvas de camarón blanco, posiblemente esté relacionado con dos condiciones: 1) cuando el efecto se reduce al mínimo por la interacción de los factores hidrológicos (temperatura-salinidad) en un ambiente acuático. Esto se ve reflejado en el consumo de oxígeno en los organismos acuáticos y en particular en peneidos cuando la temperatura es óptima (22 a 26 °C) y la salinidad se encuentra entre 20 a 35 ups (PONCE-PALAFIX *et al.*, 2013); y 2) cuando el efecto de los dos factores, han sido favorables, es decir, cuando se presentan condiciones de temperatura de 20 a 26 °C y salinidades menores a 18 ups, entonces los organismos incrementan su consumo de oxígeno. En el presente estudio, estos resultados coincidieron con el mismo comportamiento del consumo de oxígeno en las postlarvas de camarón blanco, debido que entre las interacciones de 15 y 20 °C con salinidades de 5 ups, para la mayoría de las combinaciones de temperatura y salinidad, las postlarvas incrementaron los consumos de oxígeno, excepción de las interacciones de 15 °C y 15 ups, 20 °C y 25 ups y 45 ups.

El incremento del consumo de oxígeno en las postlarvas posiblemente fue provocado por una reducción en la capacidad hiperosmorregulatoria de las postlarvas a bajas temperaturas. Esto fue analizado por BETT y VINATEA-ARANA (2009) y PONCE-PALAFIX *et al.* (2013) en condiciones de bajas temperaturas y bajas salinidades en algunas especies de peneidos. En contraste, respecto al límite superior, cuando la temperatura y la salinidad fueron de 35 °C y 45 ups, respectivamente, se pudo haber generado un efecto sinérgico en el consumo de oxígeno por las postlarvas, de acuerdo a los autores mencionados. Por lo tanto, ambos factores hidrológicos (temperatura y salinidad) posiblemente provocaron ajustes metabólicos homeostáticos

inmediatos en las postlarvas de *L. vannamei* cuando fueron expuestos a las diferentes combinaciones de temperatura y salinidad como se observaron a la primera hora de exposición experimental. Además, estadísticamente la interacción de la temperatura y salinidad en el presente estudio afectaron los consumos de oxígeno en las postlarvas de *L. vannamei* coincidiendo con otros autores (PONCE-PALAFIX *et al.* 2013).

Algunos autores han determinado que en otros crustáceos decápodos eurihalinos, la salinidad no representó un efecto pronunciado sobre la respiración, siempre y cuando los organismos experimentados soporten una amplia variación salina, sobre todo, si estas condiciones no son extremas (RACOTTA *et al.*, 2003; MARTÍNEZ-CORDOBA *et al.*, 2009; PALACIOS y RACOTTA, 2007; VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.*, 2011). Además, en organismos acuáticos como *L. vannamei* que habitan en ecosistemas fluctuantes de salinidad, sus requerimientos metabólicos no son normalmente modificados a bajas o altas salinidades (PONCE-PALAFIX *et al.*, 2013). Sin embargo, en el presente estudio el consumo de oxígeno incrementó con la salinidad, además, estadísticamente, se determinó un efecto significativo de esta variable hidrológica sobre el consumo de oxígeno en las postlarvas de *L. vannamei*. Lo anterior, posiblemente esté relacionado con el efecto combinado por el incremento en la capacidad osmorreguladora y en su actividad locomotora a través de la natación de las postlarvas y con ello, una mayor demanda de consumo de oxígeno para contrarrestar los efectos provocados por las condiciones hidrológicas en las cuales son expuestas las postlarvas (VALDEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2008; RE-ARAUJO *et al.*, 2009). Incluso, en el presente estudio, los máximos consumos de oxígeno correspondieron a las mayores interacciones de temperaturas en 30 y 35 °C con salinidades de 25, 35 y 45 ups.

Algunos investigadores analizaron el efecto de la salinidad y temperatura sobre el consumo de oxígeno en diferentes especies de camarones peneidos (MARTÍNEZ-PALACIOS *et al.*, 1996; ROSAS *et al.*, 1997; RE-ARAUJO *et al.*, 2004; SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2005; LI *et al.*, 2007; BETT y VINATEA-ARANA, 2009;

VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.*, 2011) y han determinado que la respuesta metabólica varía dependiendo de la etapa del ciclo de vida, así como de las variaciones fisiológicas propias de cada especie.

Cuando las postlarvas fueron expuestas a los diferentes tiempos ante las combinaciones de temperatura y salinidad, no presentaron diferencias estadísticas en el consumo de oxígeno a partir de las 4 h. Estos resultados difirieron con SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.* (2005) quienes señalaron en postlarvas de *L. stylirostris* un tiempo de 2 h para que se mantuviera sin diferencias estadísticas los consumos de oxígeno. En el presente estudio, las 4 h indicadas para estabilizar el consumo de oxígeno en las postlarvas de camarón blanco coincidieron con MARTÍNEZ-CORDOBA *et al.* (2009) y PONCE-PALAFIX *et al.* (2013) quienes señalaron que postlarvas de *L. vannamei* requirieron de 4 h para normalizar su condición respiratoria; estos estudios analizaron los consumos de oxígeno en postlarvas de peneidos en relación a la temperatura y salinidad. Además, los resultados obtenidos indicaron que se requirió de 4 h para estabilizar el consumo de oxígeno en postlarvas, pero es necesario considerar que el efecto de la temperatura y la salinidad, posiblemente dependa directamente de sus tallas y del estadio de las postlarvas, debido a que PONCE-PALAFIX *et al.* (2013) estimaron en juveniles de camarón blanco (*L. vannamei*) una mayor tasa respiratoria comparada con postlarvas.

Al final del período experimental (8 h) las postlarvas registraron el mayor consumo de oxígeno a una temperatura de 30 y 35 °C en todas las salinidades, mientras en los tratamientos de 15 y 20 °C con las salinidades utilizadas, no se presentaron variaciones marcadas en los consumos. Aun así, la temperatura y la salinidad presentaron un efecto directo en el consumo de oxígeno en las postlarvas de *L. vannamei*, ya que durante esta fase de desarrollo el consumo es directamente proporcional al incremento en dichas variables hidrológicas; es decir, que conforme aumentó la temperatura y salinidad, el consumo de oxígeno incrementó, a excepción de algunos casos. La relación directa entre la temperatura y salinidad respecto al consumo de oxígeno en postlarvas, coincidió con lo señalado

en *L. stylirostris* (DÍAZ-HERRERA *et al.*, 2004) y *L. vannamei* (RE-ARAUJO *et al.*, 2004).

La adaptación de las postlarvas probablemente involucra una serie de respuestas complejas ante los cambios en los parámetros ambientales en las cuales son sometidas, por lo tanto, la supervivencia dependen de cada especie y de su mecanismo para su control homeostático. En general, las respuestas al consumo de oxígeno están relacionadas con efectos de desarrollo, bioquímicos, fisiológicos, etc. Sin embargo, las diferentes combinaciones de temperatura y salinidad en el presente estudio, indicaron los efectos no simplemente de una variable sino de la interacción de las variables sobre el consumo de oxígeno en las postlarvas. Lo anterior, debido a que la temperatura fue un factor determinante en el consumo oxígeno, resultando los mayores consumos a 30 y 35 °C, mientras que los mínimos correspondieron a 15 y 20 °C. Asimismo, los mínimos consumos se observaron en las menores salinidades.

Aunque se observaron pequeños incrementos del consumo de oxígeno en las postlarvas a bajas temperaturas (15 °C) con salinidades menores (5 y 15 ups), podría ser indicativo de una posible reducción en la capacidad para mantener sus iones y su balance osmótico en las postlarvas (VALDEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2008; RE-ARAUJO *et al.*, 2009). En la salinidad, el mayor consumo de oxígeno en las postlarvas fueron a 45 ups y los mínimos se ubicaron a 5 y 15 ups, sin embargo, las altas temperaturas pueden reducir la tolerancia a la baja salinidad. En este estudio, se consideró que las postlarvas de *L. vannamei* resistieron mejor la baja salinidad a una baja temperatura, por lo que el efecto combinado de una alta salinidad y alta temperatura, resultaron posiblemente como un modulador negativo sobre el consumo de oxígeno en las postlarvas de camarón blanco.

Lo anterior, indicó que ambos factores hidrológicos están probablemente relacionados con el ajuste homeostático de las postlarvas de *L. vannamei* (DÍAZ-HERRERA *et al.*, 2004; GONZÁLEZ-HERMOSO, 2006). Se observó que solamente a las 2 h el consumo de oxígeno a una temperatura de 35 °C y salinidad de 45 ups, resultó significativamente diferente al resto de las combinaciones. Sin embargo, es probable que a partir de estas condiciones de temperatura y

salinidad, las postlarvas presenten problemas de adaptación, debido a que se ha señalado que 35 °C, es considerada la temperatura límite que podrían sobrevivir las postlarvas de peneidos. Además, esta temperatura (35 °C) es el límite superior del intervalo de distribución natural de las postlarvas o juveniles de *L. vannamei* (DÍAZ-HERRERA *et al.*, 2004; BETT y VINATEA-ARANA, 2009). En este sentido, la respuesta metabólica (consumo de oxígeno) de la temperatura crítica letal para esta especie, podría encontrarse alrededor de 35 °C, además, en combinación a una mayor salinidad (45 ups) podría provocar rápidamente mayores efectos fisiológicos en las postlarvas de camarón blanco (VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.*, 2011; PONCE-PALAFIX *et al.*, 2013).

Existen especies de postlarvas de peneidos que son muy tropicales y su rango óptimo de temperatura varía de 28 a 30 °C, tal es el caso del camarón tigre *P. monodon* (PARADO-ESTEPA, 1998; YE *et al.*, 2009). De las postlarvas de camarones americanos, las especies de camarón blanco *L. vannamei* y el camarón azul *L. stylirostris* son consideradas como tropicales o subtropicales, y se han desarrollado satisfactoriamente entre 25 y 28 °C (RE-ARAUJO *et al.*, 2004), aunque también han crecido de manera aceptable entre 20 y 30 °C (MARTÍNEZ-CORDOBA *et al.*, 2009). Otras especies como el camarón café del Pacífico *F. californiensis*, o el camarón brasileño, *F. paulensis*, son capaces de desarrollarse bien a temperaturas menores (PEIXOTO *et al.*, 2003; KRUMMENAUER *et al.*, 2006). En el noroeste de México, se han mantenido postlarvas de camarón *F. californiensis* a 18 °C con producciones aceptables (MARTÍNEZ-CORDOBA, 1999).

KINNE (1967) describió cuatro formas de respuesta metabólica en organismos acuáticos que han sido aclimatados a una nueva salinidad sobre el consumo oxígeno, los cuales son: I) la tasa de consumo de oxígeno no es influenciada por los cambios de salinidad; II) la tasa metabólica de los organismos se incrementa en salinidades reducidas y disminuye en salinidades altas; III) la tasa metabólica se incrementa tanto en bajas como en altas salinidades; y IV) la tasa de consumo de oxígeno disminuye tanto en bajas como en altas salinidades. Las postlarvas de *L. vannamei* en el presente estudio, registraron la respuesta de tipo I,

debido a que el consumo de oxígeno no se modificó significativamente en las postlarvas mantenidas en las diferentes temperaturas al ser expuestas a los cambios de salinidad. Mientras en postlarvas de *L. stylirostris*, SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.* (2005) señalaron que la respuesta al consumo de oxígeno correspondió al mismo tipo I.

Estos mismos autores al igual que en este estudio, y de acuerdo a lo propuesto por KINNE (1967) la tasa fisiológica de ambas especies es independientemente de la variación de la salinidad en las cuales fueron expuestas las postlarvas en los experimentos, coincidiendo con las condiciones naturales de salinidad en las cuales se distribuyen las postlarvas de camarón blanco (*L. vannamei*) y azul (*L. stylirostris*), permitiendo así que no se presentaran modificaciones en el consumo de oxígeno en las postlarvas por efecto de la salinidad. Además, en general las diferentes concentraciones de salinidad en las cuales fueron expuestas las postlarvas de camarón blanco, probablemente no presentaron modificaciones drásticas en sus respuestas metabólicas. Esto debido a que las postlarvas son hiposmóticas con respecto a su ambiente natural y sus requerimientos metabólicos no son modificados normalmente a bajas salinidades. En general, en el presente estudio la salinidad estadísticamente presentó un efecto significativo en el consumo de oxígeno en las postlarvas de *L. vannamei*.

Algunos autores han determinado que en *L. vannamei* como en otros peneidos, al someterlos a diferentes salinidades de su punto isosmótico de 28 °C y 25 ups (DÍAZ-HERRERA *et al.*, 2004; GONZÁLEZ-HERMOSO, 2006), su gasto energético se incrementó debido a los procesos de osmorregulación, lo que se reflejó inmediatamente en un mayor consumo de oxígeno (VALDEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2008; RE-ARAUJO *et al.*, 2009). En el presente estudio, se observaron en los consumos de oxígeno diferencias entre las distintas combinaciones de temperatura y salinidad durante las primeras dos horas de exposición experimental. BETT y VINATEA-ARANA (2009) señalaron que la variación de la salinidad dentro de ciertos límites no representó un efecto significativo en el consumo de oxígeno en postlarvas de *L. vannamei*. Mientras, SCELZO y

ZÚÑIGA (1987) encontraron que el consumo de oxígeno en postlarvas de *P. brasiliensis* a diferentes salinidades no resultaron significativamente diferentes, aunque, estos autores indicaron una mayor velocidad de consumo de oxígeno en cada una de las salinidades experimentadas, además, también señalaron que a una mayor salinidad se obtuvo el máximo consumo.

En contraste, existen evidencias que en postlarvas de *L. stylirostris* se presentó una disminución en el consumo de oxígeno a altas o bajas salinidades (SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2005). Incluso, la tasa de respiración en los crustáceos es modificada por factores extremos como la temperatura y salinidad (RE-ARAUJO y DÍAZ-HERRERA, 2011). Las diferencias entre la información son debido a que la determinación del consumo de oxígeno se han realizado posiblemente con organismos de diferente origen (silvestres, laboratorio o de cultivos), condición de salud, etapa del ciclo de muda, edad o fase de desarrollo (postlarvas, juveniles o adultos), entre otras variables; lo cual repercutió sobre la condición fisiológica y por lo tanto se reflejó en los consumos de oxígeno ante las diferentes condiciones hidrológicas. Esto debido a que VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.* (2011) señalaron las posibles causas de diferencias en el consumo de oxígeno entre postlarvas y juveniles con diferente procedencia.

Por otro lado, no se detectaron mortalidades en las postlarvas cuando fueron depositadas ante las diferentes combinaciones de temperatura y salinidad. Sin embargo, se observó que las postlarvas sometidas a 30 y 35 °C con salinidad de 45 ups, registraron una mayor actividad de los apéndices abdominales (natación), además en estas postlarvas se observó un cambio de color morfológico de blanco claro a blanco opaco (ARZOLA-GONZÁLEZ *et al.*, 2013), mientras en 15 °C con salinidad de 5 ups, prácticamente las postlarvas resultaron inactivas, dirigiéndose por unos minutos al fondo de las botellas y luego se recuperaron.

Además, las postlarvas aquí utilizadas y que no fueron alimentadas previamente por 24 h, ni durante los experimentos (en algunos casos hasta 8 h), probablemente no presentaron alteraciones en su metabolismo por efecto de la falta de alimentación, esto debido a que algunos autores

han señalado que en condiciones similares (consumo de oxígeno) han mantenido a las postlarvas de *L. vannamei* sin alimento hasta por 24 h (DÍAZ-HERRERA *et al.*, 2004; PONCE-PALAFIX *et al.*, 2013) y 48 h (VALENZUELA-QUIÑONEZ *et al.*, 2011) previas al inicio de la fase experimental. Incluso, con la finalidad de asegurar la supervivencia de las postlarvas, estas inicialmente fueron sometidas a una revisión general de sus condiciones morfológicas y de su contenido intestinal.

## CONCLUSIONES

Para un mejor manejo de las postlarvas de camarón blanco *L. vannamei* en condiciones controladas, se recomienda una temperatura entre 25 y 30 °C con una salinidad de 15 a 25 ups. Lo anterior, debido a que en estas condiciones las postlarvas de *L. vannamei* gastarían posiblemente menor energía y por lo tanto, el desarrollo de las postlarvas a juveniles se incrementaría al estar en un ambiente adecuado de temperatura y salinidad.

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto PROFAPI-135-2009 por los recursos otorgados, al CONACYT por la beca de doctorado del segundo autor, al Laboratorio Proveedor de larvas y colaboradores del Cuerpo Académico Consolidado (UAS-CA-162) por su apoyo.

## REFERENCIAS

- ARZOLA-GONZÁLEZ, J.F.; FLORES-CAMPAÑA, L.M.; IZABAL-CEJA, C.A.; GUTIÉRREZ-RUBIO, Y. 2008 Crecimiento de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en un estanque rústico a baja salinidad. *Revista Aquatic*, 28(1): 8-15.
- ARZOLA-GONZÁLEZ, J.F.; PIÑA-VALDEZ, P.; NIEVES-SOTO, M.; MEDINA-JASSO, A. 2013 Supervivencia de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidades y temperaturas. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Córdoba*, 18(2): 3618-3625.
- BETT, C. y VINATEA-ARANA, L.A. 2009 Combined effect of body weight temperature and salinity on shrimp *Litopenaeus vannamei* oxygen consumption rate. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(4): 305-314.
- DÍAZ-HERRERA, F.; RE-ARAUJO, A.D.; SIERRA-URIBE, E.; DÍAZ-IGLESIAS, E. 2004 Effects of temperature and salinity fluctuation on the oxygen consumption, ammonium excretion and osmoregulation of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Journal Shellfish Research*, 23(3): 903-910.
- FRÍAS-ESPERICUETA, M.; OSUNA-LÓPEZ, I.; LÓPEZ-LÓPEZ, G.; IZAGUIRRE-FIERRO, G.; SÁNCHEZ-GAXIOLA, C. 2005 La salinidad y el cultivo de camarón en Sinaloa, México. *Revista Industria Acuicola*, 1(3): 26-28.
- GONZÁLEZ-HERMOSO, J.P. 2006 Crecimiento, sobrevivencia, consumo de oxígeno, excreción nitrogenada y acumulación de astaxantina en el tejido del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* mantenido a diferentes concentraciones de astaxantina en la dieta. Ensenada. 60p. (Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada).
- HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.; DÍAZ-HERRERA, F. 1995 Interacción de la temperatura y la salinidad sobre la excreción de amonio y osmorregulación en *Farfantepenaeus aztecus* (Crustacea: Penaeidae). *Caribbean Journal of Science*, 31: 284-288.
- KINNE, O. 1967 Physiology of estuarine organisms with special reference to salinity and temperature. In: LAUFF, G.H. (ed.). *Estuaries AAAS*. Publ. No. 53, Washington, DC. p.525-540.
- KRUMMENAUER, D.; WASIELESKY, J.W.; OLIVIERA, R.; PEIXOTO, S.; ZOGBI, P.R. 2006 Viabilidade do cultivo do camarão -rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Crustacea: Decapoda) em gaiolas sob diferentes densidades durante o outono no sul do Brasil. *Ciencia Rural*, 36(1): 252-257.
- LEMONS, D.; PHAN, V. N.; ÁLVAREZ, G. 2001 Growth, oxygen consumption, ammonia-N excretion, biochemical composition and energy content of *Farfantepenaeus paulensis* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) early postlarvae in different salinities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 26(1): 55-74.
- LI, E.; CHEN, L.; ZENG, C.; CHEN, X.; YU, N.; LAI, Q.; QIN, J.G. 2007 Growth, body

- composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture*, 265(4): 385-390.
- MARTÍNEZ-CORDOBA, L. 1999 *Cultivo de camarones peneidos, principios y prácticas*. AGT editor, S.A. México. 383p.
- MARTÍNEZ-CORDOBA, L.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; CORTES-JACINTO, E. 2009 Camaronicultura mexicana y mundial ¿actividad sustentable o industria contaminante? *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(3): 181-196.
- MARTÍNEZ-PALACIOS, C.A.; ROSS, L.G.; JÍMENEZ-VALENZUELA, L. 1996 The effects of temperature and body weight on the oxygen consumption of *Penaeus vannamei*. *Journal of the Aquaculture in the Tropics*, 11: 59-65.
- MIRANDA, I.; VALLES, J.L.; SÁNCHEZ, R.; ÁLVAREZ, Z. 2010 Cultivo del camarón marino *Litopenaeus vannamei* en agua dulce. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Zulia*, 20(4): 339-346.
- PALACIOS, M.E. y RACOTTA, D.I. 2007 Salinity stress test and relation to future performance and different physiological responses in shrimp postlarvae. *Aquaculture*, 268(1): 123-135.
- PARADO-ESTEPA, F.D. 1998 Survival of *Penaeus monodon* postlarvae and juvenile at different salinity and temperature levels. *Israeli Journal Aquaculture-Bamidgeh*, 50(4): 174-183.
- PEIXOTO, S.; WASIELESKY, J.W.; LOUZADA, J.L. 2003 Comparative analysis of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*, and pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, culture in extreme southern Brazil. *Journal Applied Aquaculture*, 14(1/2): 101-111.
- PIÑA-VALDEZ, P.; VOLTOLINA, D.; NIEVES-SOTO, M.; ROBLES-QUINTERO, M. 2006 Survival, development and growth of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* protozoa larvae, fed with monoalgal and mixed diets. *Aquaculture*, 253(5): 523-530.
- PONCE-PALAFIX, J.T.; RUIZ-LUNA, A.; GARCIA-ULLOA-GÓMEZ, M.; ESPARZA-LEAL, M.; ARREDONDO-FIGUEROA, J.L.; MARTÍNEZ-PALACIOS, C., LINDSAY, G. 2013 A response surface analysis of the relative importance of the temperature, salinity and body weight on the respiratory metabolism of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 46(6): 399-417.
- RACOTTA, I.; PALACIOS, M.E.; IBARRA, A.M. 2003 Shrimp larval quality in relation to brood stock condition. *Aquaculture*, 227(11): 107-130.
- RAMOS-DÍAZ, R. y ANDREATTA, E. 2011 Requerimientos de proteína y energía bruta en juveniles de camarón rosado *Farfantepenaeus paulensis* sometidos a diferentes salinidades. *Latin American Journal Aquatic Research*, 39(3): 427-438.
- RE-ARAUJO, A.D. y DIAZ-HERRERA, F. 2011 Effect of different oxygen concentrations on physiological energetic of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *The Open Zoology Journal*, 4(1): 1-8.
- RE-ARAUJO, A.D.; DÍAZ-HERRERA, F.; SIERRA-URIBE, E.; GÓMEZ-JIMÉNEZ, S. 2004 Consumo de oxígeno, excreción de amonio y capacidad osmorreguladora de *Litopenaeus stylirostris* expuesto a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad. *Ciencias Marinas*, 30(3): 443-453.
- RE-ARAUJO, A.D.; DÍAZ-HERRERA, F.; VALDEZ-SÁNCHEZ, G. 2006 Effect of salinity on the thermoregulatory behavior of juvenile blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Journal of Thermal Biology*, 31: 506-513.
- RE-ARAUJO, A.D.; DÍAZ-HERRERA, F.; VALDEZ-SÁNCHEZ, G.; FLORES-IBARRA, M.; LÓPEZ-ZENTENO, M. 2009 Physiological energetics of blue shrimp *Penaeus stylirostris* juveniles acclimated to different salinities. *The Open Zoology Journal*, 2(1): 102-108.
- ROSAS, C.; MARTÍNEZ, E.; AGUILAR, M.; SÁNCHEZ, A.; DÍAZ-IGLESIAS, R.; BRITO, E.; MARTÍNEZ-SOTO, E.L. 1997 Critical dissolved level to *Penaeus shcmitti* postlarvae (PL<sub>10-18</sub>) exposed to salinity changes. *Aquaculture*, 152: 259-272.
- SALVATO, B.; COUMO, V.; DIMURO, P.D.; BELTRAMI, M. 2001 Effect of environmental parameters on the oxygen consumption of four marine invertebrates: a comparative factorial study. *Marine Biology*, 138(4): 659-668.

- SCELZO, M.A. y ZUÑIGA, O. 1987 Consumo de oxígeno en el camarón *Penaeus brasiliensis* (Decapoda: Penaeidea) en relación a salinidad y temperatura. En: *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales de la Universidad La Salle*. Universidad La Salle, México. p.127-128.
- SOROKIN, C. 1973 Dry weight, packed cell volume and optical density. En: STEIN, J. (ed.) *Handbook of phycological methods. Culture methods and growth measurement*. Cambridge University Press. Cambridge and New York. 448p.
- SPANOPOULUS-HERNÁNDEZ, M.; MARTÍNEZ-PALACIOS, C.A.; VANEGAS-PÉREZ, R.C.; ROSAS-VAZQUEZ, C.; ROSS, L.G. 2005 The combined effects of salinity and temperature on the oxygen consumption of juvenile shrimps *Litopenaeus stylirostris*. *Aquaculture*, 244(2): 341-348.
- STATSOFT, INC. 2008 *Statistica for Windows Manual version 8.0*. Tulsa, Oklahoma, USA. 298p. [on line]. URL: <<http://www.statsoft.com>> Access on: 6 mar. 2015.
- VALDEZ-SÁNCHEZ, G.; DÍAZ-HERRERA, F.; RE, A.D.; SIERRA-URIBE, E. 2008 Efecto de la salinidad sobre la fisiología energética del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Hidrobiológica*, 18(2): 105-115.
- VALENZUELA-QUÑONEZ, W.; RODRÍGUEZ-QUIROZ, G.; PONCE-PALAFIX, P.J.; ESPARZA-LEAL, H. 2011 Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 46(3): 303-311.
- VILLARREAL-COLMENARES, H. y RIVERA, J.A. 1993 Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus californiensis* postlarvae. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 106(1): 103-107.
- YE, L.; JIANG, S.; ZHU, X.; YANG, Q.; WEN, W.; WU, K. 2009. Effects of salinity on growth energy budget of juvenile *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 290: 140-144.
- ZAR, J.H. 2009 *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, USA. 960p.
- ZHANG, P.D.; ZHANG, X.M.; LI, J.; HUANG, G.Q. 2006 The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 256: 579-587.