

# DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE PROGENITORES CULTIVADOS DE *Litopenaeus schmitti* EN SISTEMAS DE TANQUES UNISEXOS Y MIXTOS EN CONDICIONES COMERCIALES.

Lourdes Pérez-Jar<sup>1</sup> \*, Laida Ramos<sup>2</sup>, Ilie S. Racotta<sup>3</sup>, Claribel Guerrero<sup>4</sup> y Alexander Acebedo<sup>4</sup>.

(1) Centro de Investigaciones Pesqueras, Ministerio de la Industria Pesquera, 5ta Ave. y 246, Playa, CP 19100, Ciudad Habana, Cuba.

(2) Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Calle 16 No. 114, Playa, CP 11300, Ciudad Habana, Cuba

(3) Programa de Acuicultura, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, Baja California Sur, CP. 23090, México.

(4) Laboratorio de Producción de Postlarvas de Camarón "Yaguacam", GEDECAM, Ministerio de la Industria Pesquera, Carretera Cienfuegos-Trinidad, Km 35½, Cienfuegos, Cuba.

(\*) Autor correspondiente: Email: [tropical@cip.telemar.cu](mailto:tropical@cip.telemar.cu)

## RESUMEN

Los Laboratorios de Producción de Postlarvas requieren de un aumento del porcentaje de cópulas en reproductores obtenidos en ciclo cerrado, para poder satisfacer la demanda de postlarvas de las granjas camaroneras. En este trabajo se evalúa el desempeño reproductivo de los progenitores, bajo la influencia del manejo empleado en sistemas de tanques unisexos y mixtos en condiciones de laboratorios de producción comercial. Los resultados indicaron que el desempeño reproductivo en términos de hembras maduras, porcentaje de cópulas exitosas, número de huevos y nauplios por desove así como porcentaje de eclosión, no difirió entre los sistemas de tanques de maduración empleados. El porcentaje de hembras maduras (IV) del número total en cada tratamiento, se aproximó al 50%, de las cuales el 30% (unisexo) y el 27% (mixto) fueron copuladas. El porcentaje de supervivencia, fue de  $90.7 \pm 0.10$  y  $91.6 \pm 0.07$  para hembras y de  $95.4 \pm 0.04$  y  $96.2 \pm 0.05$  para machos, sin diferencias entre los dos sistemas de tanques evaluados. El porcentaje de cópulas exitosas (proporción de hembras parchadas en relación al total de hembras maduras) se incrementó significativamente a lo largo del tiempo ( $P < 0.05$ ), alcanzando valores máximos a partir de la tercera semana de permanencia de los animales en la nave de maduración, lo cual indica que esta variable depende de la adaptación de los organismos a las condiciones de los laboratorios comerciales. No se observaron diferencias significativas entre sistemas de tanques al analizar los huevos por desove, nauplios por desove y porcentaje de eclosión.

Palabras claves: progenitores; reproducción; cultivo de camarones; *Litopenaeus schmitti*.

## ABSTRACT

The white shrimp *Litopenaeus schmitti* is the most commercially important species in Cuba. Commercial hatcheries require an increase in mating success of pond-reared broodstock, to satisfy the demand of postlarvae of shrimp farms. This study evaluated the reproductive performance between monosex and conventional mixed sex tanks under commercial production conditions. No differences on several indicators of reproductive performance such as number of mature females, mating success, number of eggs and nauplii per spawn, and hatching rate were found among management systems. The percentage of mature females (stage IV) of the total number in each treatment, reach around 50%, with 30% (unisex) and 27% (mixed) mated females. Survival was  $90.7 \pm 0.10$  -  $91.6 \pm 0.07$  for females and  $95.4 \pm 0.04$  -  $96.2 \pm 0.05$  for males, without significant differences between both systems. Mating success (proportion of mated females to total mature females) increased over the time ( $P < 0.05$ ), reaching maximum values by the third week, which indicates an adaptation of shrimp to the condition of the commercial hatcheries. Neither significant differences were observed among systems of tanks neither during the experimental time when analyzing the average of eggs for it spawns, nauplios average for it spawns and hatching percentage.

Key words: pond-reared broodstock; reproduction; shrimp culture; *Litopenaeus schmitti*.

El camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Pérez Farfante y Kensley, 1997) es la especie de peneído autóctona de mayor importancia comercial en Cuba. Para la maduración y reproducción en cautiverio de progenitores silvestres, se trabajó

desde el inicio en la búsqueda y aplicación de métodos que garantizaron estabilizar los indicadores productivos de los reproductores en el laboratorio (Pérez-Jar y Ramos, 1992; Betancourt,

*et al.*, 1994; Ramos, *et al.*, 1994; Ramos, 1996 y Artilles, *et al.*, 1999).

A partir del año 1987, se comienza a trabajar en la constitución de bancos de reproductores de esta especie con el empleo de técnicas de ciclo cerrado, con vistas a la sustitución gradual de los progenitores silvestres por los de cultivo. Se ensayaron las técnicas de ablación en hembras y electroeyaculación (Ramos, *et al.*, 1995); respuesta reproductiva de machos de distintas edades (Bécquer, *et al.*, 1994; Pérez-Jar y Jaime, 1995); ensayos de alimentos balanceados (Ramos y García, 1992; Pérez-Jar, *et al.*, 1996); seguimiento de sucesivas generaciones parentales (Pérez-Jar, *et al.*, 1997); efectores de la respuesta inmune en condiciones de estrés (Rodríguez-Ramos, 2003); estudios de variabilidad genética en poblaciones naturales para la formación de lotes de reproductores heterocigóticos (Díaz, 1994).

Está demostrado que *L. schmitti* obtenido en ciclo cerrado es capaz de reproducirse en cautiverio. No obstante existen reportes de los laboratorios comerciales donde se manifiesta la inconformidad con el desempeño reproductivo de algunos lotes de reproductores, de los cuales en ocasiones se obtienen entre un 30 y 50% de cópulas exitosas del total de hembras maduras (Moreno, comunicación personal). Por lo anterior, todavía es necesario evaluar condiciones o prácticas de manejo que incrementen la producción.

Existen dos sistemas de manejo de reproductores en tanques de maduración, con los cuales se controla la relación de sexos y la actividad copulatoria. El sistema de tanques mixtos o convencionales, es aquel en que son mantenidos reproductores de ambos sexos en un mismo reservorio, en especies de tético abierto recomiendan relaciones de 1:1 hembra: macho (Bray y Lawrence, 1992), ya que antes de cada desove es necesario que se realice la cópula. No obstante, resultados alcanzados por Ottogalli *et al.*, (1988); Wyban y Sweeney (1990) y Pérez y Ramos (1992), muestran que es factible el uso de relaciones de sexo donde el número de machos es mayor que el de las hembras para asegurar la transferencia del espermatóforo. El sistema de tanques unisexos para especies de tético abierto, es donde los reproductores se mantienen separados por sexo en distintos tanques y las hembras maduras son transferidas a tanques de machos para que se lleve a cabo la cópula. Este sistema ofrece oportunidades para el desarrollo de sistemas experimentales y disminuye los costos de producción (Aquacop, 1983; Browdy, *et al.*, 1996),

aunque su eficiencia ha sido escasamente evaluada.

Conociendo de estos antecedentes y con el objetivo de implementar la técnica idónea que permita el aumento del porcentaje de cópulas exitosas en el camarón blanco *L. schmitti* obtenido en ciclo cerrado, el presente trabajo está dirigido a comparar el desempeño reproductivo de los progenitores, bajo la influencia del manejo empleado en sistemas de tanques unisexos y mixtos en condiciones de laboratorios de producción comercial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sistema de tanques de reproductores y manejo general en el local de maduración

Reproductores de camarón cultivados de ambos sexos de la especie *L. schmitti*, descendientes de una población natural del Golfo de Guacanayabo (Provincia Granma), ubicado en la zona suroriental de Cuba, fueron criados en estanques externos de 0.38 ha del laboratorio comercial productor de postlarvas "Yaguacam" (Provincia Cienfuegos) de la zona surcentral de Cuba. La densidad de siembra utilizada en la última etapa de cultivo fue de 0.5 adultos/m<sup>2</sup>. Los reproductores de cultivo, al arribar a la edad de 7 meses de edad y obtener pesos promedios iniciales de 43.0 g (hembras) y 26.0 g (machos), fueron cosechados y transferidos (1 212 individuos) a la nave de maduración y reproducción del propio laboratorio, siendo aclimatados durante una semana.

La nave de maduración es un local cerrado con iluminación artificial, manteniéndose un fotoperíodo de 14:10 horas (luz/oscuridad). Los tanques ovalados de fibra de vidrio con 10 m<sup>3</sup> de capacidad (superficie de 16 m<sup>2</sup>), mantenían un nivel del agua a 5 m<sup>3</sup> a través de sistemas de reboso, con un intercambio diario de 200 %, suministrándoseles aireación mediante piedras difusoras.

Los reproductores fueron distribuidos en diferentes tanques según el tratamiento que correspondiera. Para el tratamiento de sistema de tanques mixtos o convencionales (Pérez-Jar y Ramos, 1992), los reproductores de ambos sexos fueron transferidos a 6 tanques, con una relación de sexo de 1:1 (54 hembras y 54 machos; 7 individuos/m<sup>2</sup>). Para el tratamiento de sistema de tanques unisexos, los reproductores fueron separados por sexos según el método recomendado por Browdy *et al.*, (1996); las hembras fueron colocadas en 4 tanques a razón de

81 por reservorio (5 hembras/m<sup>2</sup>), y los machos en 2 tanques (llamados tanques de cópula) a razón de 120 por reservorio (7 machos/m<sup>2</sup>). El ensayo tuvo una duración de 28 días.

Diariamente fueron registradas las variables físico-químicas del agua: temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), y salinidad (ups). El alimento suministrado de forma alterna, estuvo compuesto por calamar (*Loligo sp.*) congelado dividido en 3 raciones diarias que en total sumaban un 20% del peso húmedo de la biomasa total y una dieta artificial para la maduración a razón del 2% de la biomasa total dividido en 2 raciones diarias.

Se empleó el criterio de Ramos y Primavera (1986) para la búsqueda diaria de hembras en estadio de maduración IV, basándose en la identificación macroscópica de las gónadas maduras. En los tanques mixtos una hora después de comenzado el periodo de oscuridad (19:00 horas), se inició la captura de hembras maduras (estadio IV) que además contaran con espermátóforos adheridos. En los tanques unisexos se realizó la revisión de las hembras maduras (estadio IV) a las 11:00 am, las cuales eran distribuidas equitativamente en cada tanque de cópula. La captura de hembras copuladas se desarrolló una hora después de comenzado el periodo de oscuridad (19:00 horas). Para el reconocimiento de las hembras con espermátóforo adherido, se tuvieron en cuenta todas las condiciones de adhesión (espermátóforo completo y masa espermática sola). El desove de las hembras y la eclosión de los huevos se realizó en tanques individuales cilindro-cónicos negros de 200 y 100 litros de capacidad respectivamente, que contenían agua de mar filtrada, EDTA.Na<sub>2</sub> (sal disódica del ácido etilendiamino tetracético) a razón de 10 ppm y 1 ppm de eritromicina.

### Registro de los indicadores productivos

Se compararon los dos sistemas de maduración, teniendo en cuenta en los análisis el tipo de sistema y el tiempo de duración del experimento. Se registró el número total de hembras maduras, copuladas y desovadas por tratamiento; el porcentaje de hembras que maduraron del total por cada tratamiento (% hembras maduras del total = Total de hembras maduras (IV) / Total de hembras del tratamiento x 100); el porcentaje de hembras que copularon del total por cada tratamiento (% hembras copuladas del total = Total de hembras copuladas / Total de hembras del tratamiento x 100) y se llevó el registro diario del porcentaje de cópulas exitosas del total de hembras maduras por tratamiento (% de cópula

exitosa = Total de hembras con espermátóforo o masa espermática / Total de hembras maduras identificadas en cada tratamiento x 100).

Los conteos de huevos y nauplios por tratamiento se realizaron en tanquetas de 80 litros mediante el método volumétrico con 10 submuestras de 1 mL tomadas del volumen total. A su vez, se calculó diariamente el promedio de huevos y nauplios por desove (huevos o nauplios/desove = Total de huevos o nauplios / Total de hembras con desoves aptos). El porcentaje de eclosión de los huevos por tratamiento se determinó mediante la fórmula: % eclosión = Total de nauplios / Total de huevos x 100; el porcentaje de supervivencia por sexo, mediante la fórmula: % supervivencia = Total (hembras o machos) - Total (hembras o machos) muertos / Total de (hembras o machos) x 100.

### Análisis estadísticos

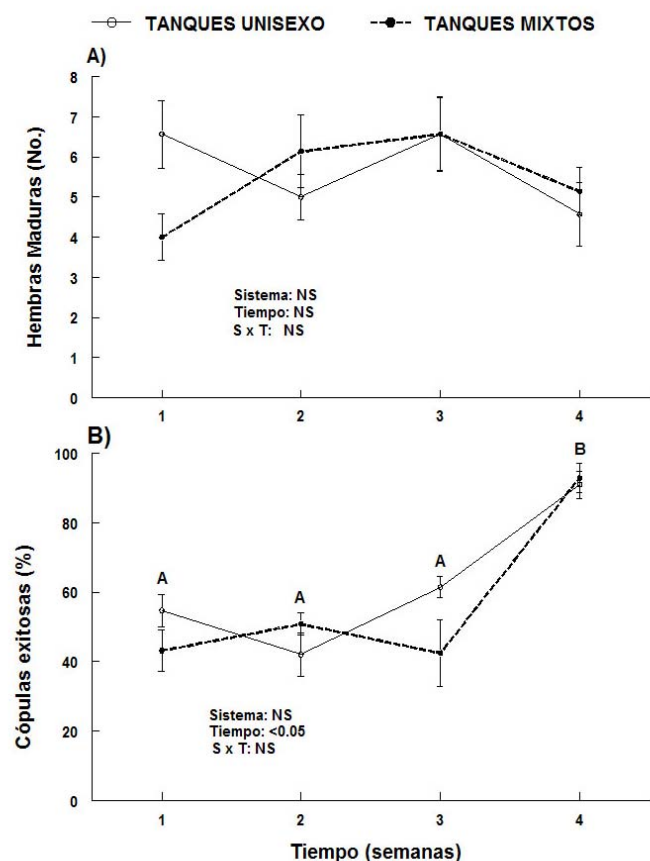
Los análisis estadísticos fueron realizados con el módulo de Modelo Lineal General (GLM) en el Programa estadístico STATISTICA versión 7.0, software (StatSoft, Inc.2001, Tulsa, OK, USA). Se realizó un ANOVA de dos vías de clasificación (sistemas de tanques por tiempo de permanencia de los animales en la nave de maduración). Se realizó dicho tratamiento estadístico para comparar indistintamente, el número de hembras maduras, porcentaje de cópulas exitosas, promedio de huevos por desove, promedio de nauplios por desove y porcentaje de eclosión. Se utilizó la prueba de Tukey's posthoc para la comparación de medias, para aquellas variables que presentaron diferencias significativas. Para los valores de supervivencia y eclosión (reportados en porcentaje), se utilizó la transformación arcoseno ( $\sqrt{p}$ ), antes de aplicar el análisis estadístico, aunque se reportan los valores no transformados.

Se utilizó la prueba "t" para analizar diferencias significativas entre la temperatura de ambos tratamientos y para la supervivencia final de ambos sexos. Los datos se reportan como la media  $\pm$  error estándar. Los valores probabilísticos (P) inferiores a 0.05 fueron considerados estadísticamente significativos.

### RESULTADOS

No se observaron diferencias significativas (P > 0.05) en el número de hembras que maduraron en cada tratamiento (Fig. 1-A). El porcentaje de cópulas exitosas con respecto al total de hembras maduras fue significativamente diferente (P < 0.05), a lo largo del tiempo de permanencia de los

animales en la nave, independientemente del sistema de tanques empleado, con valores mínimos (< 60%) entre la primera y tercera semana, para alcanzar valores máximos (> 90 %) entre la tercera y cuarta semana. (Fig. 1-B).



Durante el periodo experimental, de un total de 324 hembras en cada tratamiento, el porcentaje de hembras que maduraron (estadio IV) se aproximó al 50%. A su vez, del total de hembras en cada sistema de tanques, un 30% (unisexo) y un 27% (mixto) fueron copuladas. No se observaron diferencias en la supervivencia para ambos sexos entre los dos sistemas de tanques evaluados (Tabla 1). Tampoco se observaron diferencias

significativas entre sistemas de tanques ni durante el tiempo experimental al analizar el promedio de huevos por desove, promedio de nauplios por desove y porcentaje de eclosión (Tabla 2).

Los parámetros abióticos salinidad ( $34 \text{ ups} \pm 0.0$ ) y oxígeno disuelto ( $5.45 \pm 0.50 \text{ mg/L}$ ) promediaron valores recomendados por la literatura (Bray y Lawrence, 1992). Por otro lado, no se observó diferencia significativa en la temperatura medida en ambos tratamientos, promediando un valor de  $25.0 \pm 0.17^\circ\text{C}$  (mínimo  $23.0^\circ\text{C}$  y máximo  $26.0^\circ\text{C}$ ), durante el ensayo.

## DISCUSION

Con la tecnología empleada en este trabajo para la maduración y reproducción del camarón blanco *L. schmitti* y los resultados productivos alcanzados, podemos plantear que la respuesta reproductiva de los adultos de cultivo, no varió al compararse los sistemas de tanques de maduración unisexo y mixto, y eso quedó demostrado al observarse similitud en los valores de los indicadores productivos medidos. En este sentido, no se observaron diferencias en el número de desoves por hembra, promedio de huevos por desove, promedio de nauplios por desove, porcentaje de cópulas exitosas y porcentaje de eclosión entre ambos sistemas de manera similar a los resultados obtenidos por Browdy *et al.*, (1996), al comparar la respuesta reproductiva de *L. vannamei* en tanques convencionales y unisexos,

Sin embargo, si bien la proporción de cópulas exitosas, no difiere entre tratamientos, se observa un incremento a partir de la tercera semana de permanencia de los animales en la nave de maduración, lo cual sugiere una adaptación gradual de los mismos a las condiciones de cautiverio creadas y deja abierta la necesidad de realizar estudios donde se determine el tiempo de aclimatación que requieren los animales para su adaptación fisiológica a las condiciones del local de maduración, muy diferentes a las de los estanques donde fueron criados. La respuesta de los animales una vez lograda su adaptación se puede considerar como adecuada, alcanzándose de hecho un valor superior al 90% que representa un mayor rendimiento que lo reportado por Pérez-Jar *et al.*, (1996) de 68% al trabajar con reproductores también de 7 meses en condiciones similares.

El sistema de tanques más empleado por otros autores y en general por los productores a escala mundial, es el sistema de tanques mixtos o convencionales. Yano (1988) plantea que la

Tabla 1. Registro de los principales indicadores productivos en tanques unisexo y mixtos para analizar el desempeño reproductivo de reproductores de cultivo de *L. schmitti*, durante un periodo experimental de 28 días.

INDICADORES PRODUCTIVOS	SISTEMA DE TANQUES	
	UNISEXO	MIXTO
Total de hembras	324	324
Total de machos	240	324
Total de hembras maduras (IV)	159	153
Total de hembras copuladas	97	89
Total de hembras desovadas	94	85
Hembras maduras del total (%)	49.0	47.2
Hembras copuladas del total (%)	29.9	27.4
Supervivencia de hembras (%)	90.7 ± 0.10	91.6 ± 0.07
Supervivencia de machos (%)	95.4 ± 0.04	96.2 ± 0.05

Tabla 2. Producción de huevos y nauplios, y porcentaje de eclosión (media ± error estándar) obtenidos en tanques unisexo y mixto a partir de reproductores de cultivo de *L. schmitti*, durante un periodo experimental de 28 días.

INDICADORES PRODUCTIVOS	SISTEMAS DE TANQUES	TIEMPO (SEMANAS)			
		1	2	3	4
Huevos/desove (x10 <sup>3</sup> )	Unisexo	160 ± 4.23	161.7 ± 7.75	170.7 ± 6.76	162.5 ± 6.0
	Mixto	157 ± 1.27	158.5 ± 3.11	161.2 ± 3.14	161.7 ± 3.62
Nauplios/desove (x10 <sup>3</sup> )	Unisexo	84.5 ± 2.32	84.0 ± 4.47	88.5 ± 3.51	87.5 ± 4.61
	Mixto	80.2 ± 3.09	82.8 ± 1.832	84.7 ± 2.98	83.4 ± 2.94
Eclosión (%)	Unisexo	52.1 ± 0.48	52.0 ± 0.93	52.9 ± 0.19	53.9 ± 1.37
	Mixto	50.6 ± 1.18	52.9 ± 0.97	52.4 ± 1.00	51.6 ± 1.08

relación de sexo usual es 1:1 en tanques de maduración, pero que algunas granjas incrementan el número de hembras a una relación de 2 a 2.5:1 (hembras:machos), ya que las hembras pueden liberar feromonas que estimulan la cópula en los tanques. Este mismo autor sugiere que hembras ablacionadas o no ablacionadas de *L. vannamei*, pueden madurar sin la presencia de machos en los tanques, sin embargo, el promedio de hembras que maduran solas es más bajo que aquellas que maduran junto a los machos. Este planteamiento no fue válido en el presente trabajo ya que no se observaron diferencias significativas en el número total de hembras maduras al comparar ambos sistemas.

Para el sistema de tanques unisexo, existe el reporte de Missamore y Browdy (1996), planteando que solamente el 27% de todas las posibles cópulas que en su trabajo observaron, fueron exitosas con la presencia de espermatozoides,

cuando las hembras maduras fueron colocadas en tanques que contenían únicamente machos, utilizando una relación de sexo de: 1 hembra: 7 machos. Por otro lado, Naessens *et al.*, (1997), adoptaron el uso de sistema de tanques unisexo para detectar el efecto de la dieta en los machos sobre la fertilización, sin embargo no obtuvieron resultados satisfactorios.

Browdy *et al.*, (1996), plantean que al separarse los animales por sexo se puede incrementar la calidad y eficiencia de la maduración en los sistemas productivos, pues permite un mayor control de todos los factores que pueden afectar la conducta copulatoria de los reproductores. Existen estudios en sistemas de tanques unisexo dirigidos específicamente a la evaluación de los machos, en los que se analiza la influencia de factores abióticos, nutricionales y fisiológicos (Pérez-Velázquez *et al.*, 2001; Pérez-Velázquez, *et al.*, 2003a y 2003b).

Al analizar los resultados del porcentaje de hembras maduras, teniendo en cuenta el total de hembras mantenidas en la nave, observamos que los bajos valores que se obtuvieron en ambos tratamientos, pueden estar influenciados por trabajar durante un periodo relativamente corto con hembras que no fueron ablacionadas, que según lo reportado por Artilles *et al.*, (1999) para esta especie, pueden presentar una frecuencia de maduración de entre 7 y 15 días, mientras que las ablacionadas pueden lograr su estadio de maduración IV cada 3 ó 4 días. Esto repercutió a su vez en el bajo porcentaje de hembras copuladas del total de hembras (324) en cada tratamiento durante el periodo experimental (Tabla 1). En cuanto a la media de nauplios por desove, aunque los resultados fueron bajos según lo logrado por Pérez-Jar *et al.*, (2007), al obtener valores superiores a los  $100 \times 10^3$  nauplios por desove, hay similitud al compararlos con los valores alcanzados por otros autores con la misma especie obtenida en ciclo cerrado. Bueno (1990) en sistema de tanques mixtos, hace un análisis de los promedios de nauplios por desove y observa que esta especie puede mantener constante sus resultados por encima de 78 960 nauplios por desove. Ramos *et al.*, (1995) al trabajar con hembras de cultivo no ablacionadas, obtuvieron un promedio de 70 338 nauplios por desove.

Otro aspecto que es planteado al referirse al sistema de tanques unisexo, es la probabilidad de un mayor número de muertes y desgaste en las hembras provocado por una mayor manipulación a la que son sometidas, reduciendo de esta manera su vida productiva, sin embargo en este trabajo no fueron halladas diferencias significativas en el porcentaje de supervivencia de ambos sexos entre los tratamientos, lo cual indica que esta variable al igual que el porcentaje de cópulas, no dependen como tal, del sistema de tanques de maduración que se utilice, sino del tiempo de permanencia de los animales en los tanques, de su adaptación a las condiciones creadas en los laboratorios comerciales, al manejo que se emplee y posiblemente a la condición fisiológica durante el ciclo de producción del lote con que se esté trabajando, lo cual debe ser objeto de estudio para esta especie, durante un periodo experimental más largo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El desempeño reproductivo de adultos de camarón de cultivo *L. schmitti* al compararse los sistemas de tanques

unisexo y mixto, no presentó diferencias significativas.

2. El indicador productivo porcentaje de cópulas exitosas, fue significativamente diferente ( $P < 0.05$ ) a lo largo del tiempo de permanencia de los animales en la nave, independientemente del sistema de tanques empleado, alcanzando valores mínimos ( $< 60\%$ ) entre la primera y tercera semana y máximos ( $> 90\%$ ) entre la tercera y cuarta semana.
3. El aumento del porcentaje de cópulas al final del periodo experimental sugiere una adaptación gradual de los reproductores a las condiciones de cautiverio.
4. Este trabajo deja abierta la necesidad de realizar estudios donde se determine el tiempo de aclimatación que requieren los animales para su adaptación fisiológica a las condiciones del local de maduración, muy diferentes a las de los estanques donde fueron criados.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al Laboratorio de Producción de Postlarvas de Camarón "Yaguacam", por habernos permitido realizar esta investigación en sus instalaciones y por aportar sus especímenes. Al aporte financiero de CONACyT a través de la beca No. 182850, registrada en el CIBNOR.

## REFERENCIAS

- Alfaro, J. y X. Lozano (1993): Development and deterioration of spermatophores in pond-reared *Penaeus vannamei*. *J. World Aquacult. Soc.* 28: 522- 529.
- Aquacop (1983): Constitution of broodstock, maturation, spawning, and hatching system for penaeid shrimp in Centre Oceanologique du Pacifique. In: *CRC Handbook of Mariculture. Volume I. Crustacean Aquaculture*, (J.P. McVey y J.R. Moore, eds.), Boca Raton, FL. USA, pp: 105-121.
- Arcos, G.F., A.M. Ibarra, E. Palacios, C. Vázquez-Boucard e I.S. Racotta (2003): Feasible predictive criteria for reproductive performance of white shrimp *Litopenaeus vannamei*: eggs quality and female physiological condition. *Aquaculture* 228: 335-349.



- Artiles, M.A., E. Regueira y L. Pérez-Jar (1999): Maduración y reproducción de *Penaeus schmitti* utilizando hembras ablacionadas y no ablacionadas bajo iluminación natural. *Rev. Invest. Mar.* 20(1-3): 93-102.
- Bécquer, U., L. Ramos y A. Betancourt (1994): Respuesta reproductiva de *Penaeus schmitti* a los siete y nueve meses de edad. *Rev. Invest. Mar.* 15(3):256-261.
- Betancourt, A., L. Ramos, A. Tamayo, N. Carballo, U. Bécquer y M. Torres (1994): Calidad de la esperma de *Penaeus schmitti* en condiciones de cautiverio. *Rev. Invest. Mar.* 15(3): 251-255.
- Bray, W.A, and A.L. Lawrence (1992): Reproduction of *Penaeus* species in captivity. In: *Marine shrimp culture: Principles and practices* (A.W. Fast y L.J. Lester, eds.) pp: 93-169.
- Browdy, C.L., K. McGovern-Hopkins, A.D. Stokes, J.S. Hopkins y P.A. Sandifer (1996): Factors affecting the reproductive performance of the Atlantic white shrimp, *Penaeus setiferus*, in conventional and unisex tank systems. *J. Appl. Aquacult.* 6: 11-25.
- Bueno, S. L. de S. (1990): Maturation and spawning of the white shrimp *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936, under large scale reared conditions. *J. World Aquacul. Soc.* 21: 170-179.
- Díaz, F. R., J. Mato, G. Espinosa, O. Santana y V. Berovides (1994): Distancia y variabilidad genética entre poblaciones del camarón blanco *Penaeus schmitti*. III Congreso de Ciencias del Mar, 15 - 18 Febrero, C. Habana, Cuba. [resumen]
- Mendoza, R. (1997): Nauplii production from wild, cultivated, and mixed populations of blue shrimp, *Penaeus stylirostris*. *J. Applied Aquacult.* 7: 41-50
- Misamore, M.J. and C.L. Browdy (1996): Mating behavior in the white shrimps *Penaeus setiferus* and *P. vannamei*: a generalized model for mating in *Penaeus*. *J. Crust. Biol.* 16: 61-70.
- Naessens, E., P. Lavens, L. Gómez, C. Browdy, K. McGovern - Hopkins, A. Spencer, D. Kawahigashi, P. Verstraete, M. Costero, B. Devresse y P. Sorgeloos (1997): Maturation performance of *Penaeus vannamei* co-fed *Artemia* biomasa preparations or a formulated pellet diet. *Aquaculture* 155:97-101.
- Ottogali, L., C. Galinie y D. Goxe (1988): Reproduction in captivity of *Penaeus stylirostris* over ten generations in New Caledonia. *J. Aquacult. Trop.* 3: 111 - 125.
- Palacios, E., C.I. Pérez-Rostro, J.L. Ramirez, A.M. Ibarra e I.S. Racotta (1999): Reproductive exhaustion in shrimp (*Penaeus vannamei*) reflected in larval biochemical composition, survival and growth, *Aquaculture*, 171: 309-321.
- Pérez - Farfante, I. y B. Kensley (1997): *Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the world, keys and diagnoses for the species and genera*. Mémoires Muséum National d' Histoire Naturelle, Zoologie, Tome 175, 235 pp.
- Pérez-Jar, L. y B. Jaime (1995): Respuesta reproductiva de progenitores de *Penaeus schmitti* al utilizar machos de diferentes edades de cultivo. *Rev. Invest. Mar.* 16 (1-3): 69-73.
- Pérez-Jar, L. y L. Ramos (1992): Determinación de la proporción de sexos del camarón blanco *Penaeus schmitti* en tanques de maduración inducida para el incremento de la cópula natural. *Rev. Invest. Mar.* 13(2): 167 - 176.
- Pérez-Jar, L., B. Jaime y T. García (1996): Efecto de dietas pelletizadas en la respuesta reproductiva de progenitores de *Penaeus schmitti*. *Rev. Invest. Mar.* 17(2-3): 221-227.
- Pérez-Jar, L., S. Samada y M. Espejo (1997): Producción y empleo de cuatro generaciones parentales del camarón blanco *Penaeus schmitti* en ciclo cerrado. *Rev. Invest. Mar* 18(2):169 -177.
- Pérez-Jar, L., L. Ramos, E. Palacios e I.S. Racotta (2007): Reproductive performance and sperm quality in wild and pond-reared southern white shrimp *Litopenaeus schmitti* adult males during continuous reproductive activity. *Rev. Invest. Mar.* 28(2):
- Pérez-Velázquez, M., M. L. González-Félix; A. L. Lawrence and D.M. Gatlin III (2003a): Changes in lipid class and fatty acid composition of adult male *Litopenaeus vannamei* (Boone) in response to culture temperature and food deprivation. *Aquacult. Res.*, 34: 1205 – 1213.
- Pérez-Velázquez, M., M.L. González-Félix, A.L. Lawrence, W.A. Bray y D.M. Gatlin III (2003b): Dietary effects on sperm quality of *Litopenaeus vannamei* broodstock. *J. World Aquacult. Soc.*, 34: 92-98.

- Pérez-Velazquez, M., W.A. Bray, A.L. Lawrence, D.M. Gatlin III y M.L. González-Félix (2001): Effect of temperature on sperm quality of captive *Litopenaeus vannamei* broodstock. *Aquaculture* 198: 209-218.
- Pratoomchat, B., S. Piyatiratitivorakul, P. Menasveta y A.W. Fast (1993): Sperm quality of pond-reared and wild-caught *Penaeus monodon* in Thailand. *J. World. Aquacult. Soc.* 24:530-540.
- Ramos, L. (1996): Fisiología y bioquímica de la reproducción del camarón blanco *Penaeus schmitti*: Su relevancia productiva. Cuba, Universidad de La Habana, *Tesis Doctoral*, 100 pp.
- Ramos, L. y J.H. Primavera (1986): Induced maturation in ablated *Penaeus notialis* and *Penaeus schmitti*. *The First Asian Fisheries Forum*, (J.L. Mc Lean, L.B. Dizon y L.V. Hosillos, eds.), Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, pp: 667 - 700.
- Ramos, L. y T. García (1992): Maduración y reproducción de *Penaeus schmitti*, utilizando como complemento de la alimentación diferentes dietas artificiales. *Rev. Invest. Mar* 13(2): 159 -166.
- Ramos, L., J.M. Molina, Pérez-Jar, L., y B. Torres (1994): Producción de nauplios de *Penaeus schmitti* en instalaciones comerciales de maduración en Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 15(1): 28-38.
- Ramos, L., M. Espejo, S. Samada y L. Pérez-Jar (1995): Maturation and reproduction of pond-reared *Penaeus schmitti*. *J. World Aquacul. Soc.* 26: 183-187.
- Rodríguez-Ramos, T. (2003): Evaluación de cuatro efectores de la respuesta inmune innata en condiciones de estrés, en el camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. Cuba, Universidad de La Habana, Tesis de Maestría, 72pp.
- Wouters, R., L. Gómez, P. Lavens y J. Calderón (1999): Feeding enriched *Artemia* biomass to *Penaeus vannamei* broodstock: Its effect on reproductive performance and larval quality. *J. Shellfish Res.*, 18: 651-656.
- Wyban, J., R. Chang y J. Sweeney (1990): Selective breeding for reproductive quality in marine shrimp. *World Aquacult. Soc.* 21 st. Ann. Conf. p.76. [abstract]

Aceptado: 5 de marzo de 2007