

**EFECTO DE LA SALINIDAD EN LA LARVICULTURA DE
CAMARÓN CAFÉ *Farfantepenaeus californiensis* (HOLMES, 1900)
A BAJAS TEMPERATURAS**

**EFFECT OF SALINITY ON THE LARVICULTURE OF
YELLOWLEG SHRIMP *Farfantepenaeus californiensis* (HOLMES, 1900)
AT LOW TEMPERATURES**

M.A. Porchas-Cornejo^{1*}
L.R. Martínez-Córdova²
J. Naranjo-Páramo¹
F. Magallón-Barajas³
G. Portillo-Clark³
M.L. Unzueta-Bustamante¹

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Unidad Guaymas
Apartado postal 349
Guaymas, C.P. 85465, Sonora, México

* E-mail: mporchas@cibnor.mx

² DICTUS

Universidad de Sonora
Apartado postal 1819
Hermosillo, C.P. 83000, Sonora, México

³ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Apartado postal 128
La Paz, Baja California Sur, México

Recibido en abril de 1999; aceptado en junio de 2000

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento y la supervivencia en el cultivo larvario del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* a salinidades de 30, 33, 36 y 38 ppt y temperatura de $25.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, en La Paz, Baja California Sur, México. No se evidenciaron diferencias significativas en crecimiento entre los tratamientos. La supervivencia fue similar en las salinidades de 30, 33 y 36 ppt. La supervivencia más baja se obtuvo en el tratamiento con salinidad de 38 ppt. No se observaron diferencias significativas en el tiempo para alcanzar los diferentes subestadios larvales en las diferentes salinidades probadas.

Palabras clave: camarón, larvicultura, *Farfantepenaeus californiensis*, salinidad.

ABSTRACT

Growth and survival of larval yellowleg shrimp, *Farfantepenaeus californiensis*, were evaluated at salinities of 30, 33, 36 and 38 ppt and temperature of $25.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$, in La Paz, Baja California Sur, Mexico. No significant differences in growth were observed among treatments. Survival was similar at salinities of 30, 33 and 36 ppt. A lower survival was observed at 38 ppt. No significant differences were observed in the time to reach larval substages at different salinities.

Key words: shrimp, larviculture, *Farfantepenaeus californiensis*, salinity.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón a nivel mundial ha cobrado gran importancia en los últimos años. La producción mundial de camarón cultivado en 1995 rebasó las 700,000 t, representando más de 27% de la producción total mundial de este crustáceo (Rosenberry, 1995). En México, el cultivo del camarón es una industria relativamente nueva y la mayor parte de las granjas se han establecido en los últimos 10 años, especialmente en el noroeste del país (Ochoa, 1994). Una desventaja que presenta el noroeste de México para el desarrollo del cultivo de camarón (excepto en las zonas centro y sur de los estados de Sinaloa y Nayarit) es el régimen climático. Es una región semiárida con clima templado, donde la temperatura del agua en las regiones costeras (estuarios, lagunas costeras y marismas) permanece por debajo de los 20°C de cuatro a cinco meses del año, y la salinidad en esas regiones es normalmente más alta que en el océano abierto (alrededor de 38 ppt en la Bahía de La Paz). Ambos parámetros están fuera del intervalo considerado como óptimo para el cultivo comercial de la mayoría de las especies de camarón (Lawrence *et al.*, 1985; Bray *et al.*, 1994). Por ello, el camarón puede ser cultivado únicamente durante una parte del año (normalmente de marzo a octubre), lo cual resulta ser una desventaja económica con respecto a otras regiones.

Una alternativa para el desarrollo del cultivo de camarón en esta región podría ser la

INTRODUCTION

Shrimp mariculture has achieved great importance worldwide in recent years. World production of farmed shrimp exceeded 700,000t in 1995, more than 27% of the total production of this crustacean (Rosenberry, 1995). In Mexico, shrimp mariculture is a relatively new industry and many farms have been established in the last 10 years, especially in the northwestern part of the country (Ochoa, 1994). The climatic regime of northwestern Mexico is an important disadvantage for the development of shrimp mariculture (except in the southern and central parts of the states of Sinaloa and Nayarit). It is a temperate, semiarid region, where water temperatures in coastal areas (estuaries, coastal lagoons and salt marshes) remain below 20°C from four to five months of the year. Salinity in those areas is normally higher than in the open ocean (around 38 ppt in La Paz Bay). Both parameters are outside the range considered optimum for the culture of most commercial shrimp (Lawrence *et al.*, 1985; Bray *et al.*, 1994). Therefore, shrimp are only farmed during part of the year (normally from March to October), resulting in an economic disadvantage with respect to other regions.

An alternative for the development of shrimp mariculture in this region could be the introduction of species that grow well at low temperatures, such as the Chinese shrimp, *Penaeus chinensis*. However, the introduction

introducción de especies que crecen bien a temperaturas bajas, como el camarón chino, *Penaeus chinensis*. Sin embargo, la introducción de especies exóticas representa un problema serio a causa de la posibilidad de introducir patógenos y la dificultad en el abastecimiento de postlarvas. El camarón café, *Farfantepenaeus californiensis*, es una especie nativa del Golfo de California y crece bien a temperaturas de 25°C o menores. Algunos estudios han sido desarrollados sobre esta especie, la mayoría de ellos relacionados con su distribución y pesquería (Villavicencio, 1976; Olson-Ocampo, 1982; Luna Serrano, 1987), y biología general (Olguín, 1976), así como estudios en el laboratorio con juveniles silvestres (Casillas *et al.*, 1991). Se encuentran pocas referencias sobre la fisiología, reproducción o larvicultura de esta especie. García (1994) informó sobre el efecto de la temperatura en el desarrollo larvario; Kitani y Alvarado (1981) estudiaron el desarrollo larval de esta especie en el laboratorio; y Moore *et al.* (1974) condujeron un estudio sobre maduración en cautiverio. Por tanto, a fin de evaluar su potencialidad en la acuicultura, es necesario el desarrollo de más investigación para obtener información complementaria relacionada con su biología y ecología, y más específicamente con su respuesta a parámetros ambientales, ya que una de las características importantes para que una especie sea considerada con potencial de cultivo es la factibilidad de obtener, en el laboratorio, postlarvas de buena calidad y en cantidades suficientes para la engorda comercial. Este estudio se enfoca en la respuesta de larvas de *F. californiensis* a diferentes salinidades, contribuyendo al desarrollo tecnológico para la producción de postlarvas de esta especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizó un diseño experimental simple

of exotic species represents a serious problem because of the possibility of spreading pathogens and difficulties in the supply of parent stocks or postlarvae. The yellowleg shrimp, *Farfantepenaeus californiensis*, is a native species of the Gulf of California and it grows well at temperatures of 25°C or lower. A few studies have been carried out on this species, most of them regarding its distribution and fishery (Villavicencio, 1976; Olson-Ocampo, 1982; Luna-Serrano, 1987), and general biology (Olguín, 1976), as well as comparative studies between laboratory and wild juveniles (Casillas *et al.*, 1991). Few references can be found on the physiology, reproduction or larviculture of this species. García (1994) described the effect of temperature on its larval development; Kitani and Alvarado (1981) studied the larval development of this species in the laboratory; and Moore *et al.* (1974) conducted a study on the maturation in captivity. Thus, in order to evaluate its aquacultural potential, it is necessary to obtain complementary information on its biology and ecology, and more specifically, on its response to environmental parameters, since an important characteristic for a species to be considered potentially suitable for culture is the feasibility of obtaining, in the laboratory, good-quality postlarvae and in sufficient amounts for commercial production. This study focuses on the response of *F. californiensis* larvae to different salinities.

MATERIAL AND METHODS

A completely randomized, single-factor experimental design was used in this research. The experimental units were sixteen 12-L plastic containers. Each container was stocked with 800 nauplii of *F. californiensis*, which were hatched in the same laboratory from wild parent stock. Four different salinities (treatments), with four replicates, were considered:

multivalente en un arreglo completamente aleatorio. Las unidades experimentales fueron 16 recipientes de plástico de 12 L. Cada recipiente se abasteció con 800 nauplios de *F. californiensis*, los cuales fueron obtenidos de desoves de hembras silvestres en el laboratorio. Se probaron cuatro diferentes salinidades (tratamientos) con cuatro réplicas cada uno: 30, 33, 36 y 38 ppt. El agua utilizada para cada tratamiento fue preparada con agua marina y salobre, y almacenada en recipientes de plástico. La salinidad fue medida con un refractómetro con compensación de temperatura automática y se ajustó diariamente con agua salobre. Las larvas, desde nauplio V a postlarva I, se alimentaron con *Isochrysis galbana*, a una concentración de 200,000 células/mL. De mysis II a postlarva, también se proporcionaron nauplios de *Artemia salina*, a una concentración de 0.2 organismos/mL. La temperatura se mantuvo a $25.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ con calentadores eléctricos sumergibles (la temperatura ambiental en el periodo de cultivo fue menor). El recambio de agua fue de 10% diario en todos los recipientes.

Diariamente se tomaron 10 larvas de cada recipiente para observar el desarrollo larvario. Cuando el 90% de la población había cambiado de estadio en los tratamientos, se fijaron 10 organismos con formalina para posteriormente ser medidos. Los organismos se midieron desde la punta del rostrum hasta la parte final del telson, utilizando para ello un estereoscopio con micrómetro. El tamaño promedio y la desviación estándar fueron registrados. La supervivencia fue obtenida contando todos los organismos al final del experimento. Para evaluar el efecto de la salinidad en el crecimiento, supervivencia y tiempo para alcanzar cada subestadio, se utilizó una prueba ANOVA de una sola vía (Statgraphics). Una prueba de Tukey (Winer *et al.*, 1991) fue realizada para comparar los promedios de los tratamientos.

30, 33, 36 and 38 ppt. Water for each treatment was prepared from a marine and brackish supply and stored in plastic containers. Salinity was adjusted daily by adding brackish water when necessary. Larvae, from nauplius V to postlarva I, were fed *Isochrysis galbana*, at a concentration of 200,000 cells/mL. From mysis II to postlarva, *Artemia* nauplii were also added, at a concentration of 0.2 organisms/mL. Temperature was maintained at $25.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ with submersible electric heaters (ambient temperature in that period was lower). The exchange of water in the containers was 10% daily.

Ten larvae were taken daily from each container and fixed in formalin in order to observe larval development. Organisms were measured from rostrum to telson by a micrometer in a stereoscope. Mean size and standard deviation were recorded. Survival was obtained by counting all the organisms at the end of the experiment. A one-way ANOVA (Statgraphics) was used to evaluate the effect of salinity on growth, survival and time to develop each one of the larval substages. Tukey's procedure (Winer *et al.*, 1991) was performed to compare means of treatments.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the size of the larvae at different substages in the four treatments. In general, no significant differences in size were observed for all substages, except for protozoa I and protozoa III, in which larvae were larger at 33 and 36 ppt. The sizes from nauplius to protozoa II are similar to those observed by Kitani and Alvarado (1981) for the same species. However, from protozoa III to postlarva, the sizes obtained in this trial were greater, possibly because the studies were done with different strains of the same species.

Tabla 1. Tamaño (μm) de los subestadios larvarios de *Farfantepenaeus californiensis* a diferentes salinidades. Promedios seguidos por letras diferentes en las columnas son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Table 1. Size (μm) of the larval substages of *Farfantepenaeus californiensis* at different salinities. Averages followed by different letters in the columns are statistically different ($P < 0.05$).

Subestadio	30 ppt	33 ppt	36 ppt	38 ppt
PZI	975.0 a	1160.0 b	1090.0 ab	981.6 a
PZII	1858.0 a	1935.9 a	1837.0 a	1788.4 a
PZIII	3155.0 a	3550.0 b	3565.0 b	3255.0 ab
MI	3606.2 a	3772.2 a	3650.0 a	3770.0 a
MII	4944.4 a	5141.6 a	5075.0 a	5100.0 a
MIII	5366.6 a	5372.2 a	5250.0 a	5306.2 a
PLI	6014.7 a	5929.0 a	5987.8 a	5990.2 a

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra las tallas de los diferentes subestadios larvales en los cuatro tratamientos. En general, para todos los subestadios, no se observaron diferencias significativas en el tamaño, excepto para protozoa I y protozoa III, en los cuales las larvas fueron más grandes a 33 y 36 ppt. Los tamaños obtenidos de nauplio a protozoa II son similares a los observados por Kitani y Alvarado (1981) para la misma especie. Sin embargo, de protozoa III a postlarva, los tamaños obtenidos en este ensayo fueron mayores. Esto probablemente es debido a que las condiciones en las que se llevaron a cabo ambos estudios y la fuente de obtención de los organismos fueron diferentes.

La tabla 2 presenta la supervivencia de postlarvas en las cuatro salinidades. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. La supervivencia de 63.5%, obtenida a 38 ppt, fue significativamente más baja que la observada en los otros tres tratamientos, los cuales no son significativamente diferentes entre sí ($P > 0.05$). Las supervivencias de postlarvas obtenidas en este estudio (incluyendo las

Table 2 presents the survival of postlarvae at the four salinities. Significant differences were observed among treatments. The 63.5% survival obtained at 38 ppt was significantly lower than that observed in the other three treatments, which had no significant statistical differences ($P > 0.05$). The survival of postlarvae obtained in this study (including the lower values) was higher than that reported by other authors for *Penaeus californiensis* (Millán, 1991), *P. japonicus* (Dalla Via, 1986), *P. setiferus* and *P. aztecus* (Kuban *et al.*, 1983, 1985), and *P. vannamei* (Villarreal and Naranjo, 1994).

Some authors, such as McVey and Fox (1984), suggest that salinity does not seem to be a critical factor in the larviculture of *Penaeus* in the range of 25 to 35 ppt. In the present study, salinities under 30 ppt were not considered, but the best results were obtained in the range of 30 to 36 ppt. This reflects the oceanic condition of Pacific brown shrimp.

The microalga *I. galvana* is not commonly used as a food source in the larviculture of *Penaeus*. Good results regarding survival and

Tabla 2. Supervivencia (%) de postlarvas de *Farfantepenaeus californiensis* a diferentes salinidades.
Table 2. Survival (%) of *Farfantepenaeus californiensis* postlarvae at different salinities.

	30 ppt	33 ppt	36 ppt	38 ppt
Nauplios sembrados	800	800	800	800
Postlarvas cosechadas	666	682	634	508
Supervivencia %*	83 b	78 b	79 b	63 a

* Promedios seguidos por letras diferentes en las columnas son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

más bajas) fueron más altas que las reportadas por otros autores para *Penaeus californiensis* (Millán, 1991), *P. japonicus* (Dalla Via, 1986), *P. setiferus* y *P. aztecus* (Kuban *et al.*, 1983, 1985), y *P. vannamei* (Villarreal y Naranjo, 1994).

Autores como McVey y Fox (1984) sugieren que la salinidad en el cultivo larvario de *Penaeus* no parece ser un factor crítico en un rango de 25 a 35 ppt. En el presente estudio no se probó una salinidad menor que 30 ppm; sin embargo, los mejores resultados fueron obtenidos en el rango de 30 a 36 ppt, lo cual refleja la condición oceánica del camarón café.

En este estudio se utilizó la microalga *I. galbana*, la cual no es utilizada comúnmente como fuente de alimento en los cultivos larvarios de las especies de *Penaeus*. En general, se han reportado buenos resultados en cuanto a supervivencia y metamorfosis cuando se hace uso de diatomeas como fuente de alimento para larvas de camarón. Kuban *et al.* (1985) utilizaron fitoflagelados (*Isochrysis* sp. y *Tetraselmis chuii*) y encontraron que los intervalos de supervivencia no fueron mejorados para *P. aztecus*, *P. vannamei*, *P. setiferus* y *P. stylirostris*. Cook y Murphy (1966) observaron un incremento en la supervivencia de *P. aztecus* cuando las larvas se alimentaron con *Skeletonema* sp. Sin embargo, *I. galbana* ha sido utilizada exitosamente en pruebas anteriores para *P. californiensis* (García, 1994; Porchas, 1996).

metamorphosis have been reported when diatoms are used instead. Kuban *et al.* (1985) found that survival of *P. aztecus*, *P. setiferus* and *P. stylirostris* was not improved by the use of phytoflagellates (*Isochrysis* sp. and *Tetraselmis chuii*). Cook and Murphy (1966) observed an increase in survival of *P. aztecus* when larvae were fed *Skeletonema* sp. However, *I. galbana* has been successfully used in some experiments for *P. californiensis* (García, 1994; Porchas, 1996).

Figure 1 shows the time taken to reach each substage at different salinities. No significant differences were observed among treatments. These results are very similar to those obtained by García (1994) for *P. californiensis* at 25°C and 28°C, and by Villarreal and Naranjo (1994) for *P. vannamei*.

The results of this study support the feasibility of larviculture of the yellowleg shrimp *F. californiensis* at a temperature of 25°C and salinities from 30 to 36 ppt. At higher salinity, growth is probably not affected but survival is lower.

English translation by the authors.

La figura 1 muestra los tiempos para alcanzar cada subestadio larvario a las diferentes salinidades. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados son muy similares a los obtenidos por

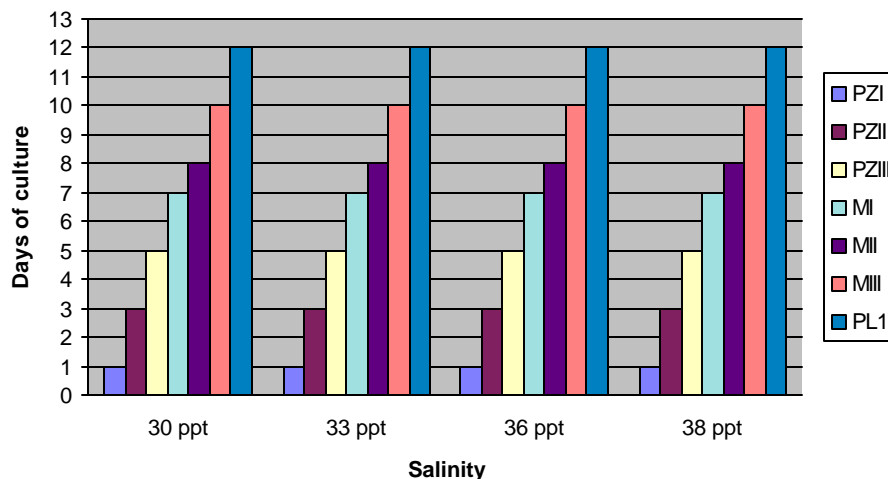


Figura 1. Tiempo para alcanzar los subestadios larvarios de *Farfantepenaeus californiensis* a diferentes salinidades.

Figure 1. Time to develop the larval substages of *Farfantepenaeus californiensis* at different salinities.

García (1994) para *P. californiensis* a 25°C y 28°C, y por Villarreal y Naranjo (1994) para *P. vannamei*.

Los resultados de este estudio muestran la factibilidad del cultivo larvario de camarón café *F. californiensis* a una temperatura de 25°C y salinidades de 30 a 36 ppt. A salinidades más altas, el crecimiento probablemente no es afectado pero la supervivencia es más baja.

REFERENCIAS

- Bray, W.A., Lawrence, A.L. and Leung-Trujillo, J.R. (1994). The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei* with observation in the interaction of IHHN virus and salinity. *Aquaculture*, 122: 137–146.
- Casillas, H.R., Portillo, G. and Magallón, F.J. (1991). Differences in growth observed in small juvenile *Penaeus californiensis* between laboratory and coastal environments. *World Aquaculture Conference and Exposition*. San Juan, Puerto Rico, 16–20 June, 1991.
- Cook, H.L. and Murphy, M.A. (1966). Rearing penaeid shrimp from eggs to postlarvae. *Proc. Conf. Southeast Assoc. Game Comm.*, 19: 283–288.
- Dalla Via, G.J. (1986). Salinity responses of the juvenile penaeid shrimp *P. japonicus*. *Aquaculture*, 55(4): 297–306.
- García, G.M. (1994). Influencia de la temperatura en el desarrollo larvario de camarón café *Penaeus californiensis*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México, 82 pp.
- Kitani, H. and Alvarado, J.N. (1981). The larval development of the Pacific brown shrimp *Penaeus californiensis* reared in laboratory. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 48(3): 375–389.
- Kuban, F.D., Wilkenfeld, J.S. and Lawrence, A.L. (1983). Survival and growth of *Penaeus setiferus* and *Penaeus aztecus* larvae fed *Artemia*, beginning at the protozoa-two substage versus the mysis-one substage. *J. World Maricult. Soc.*, 14: 38–48.
- Kuban, F.D., Lawrence, A.L. and Wilkenfeld, J.S. (1985). Survival, metamorphosis and growth of

- larvae from four penaeid species fed six food combinations. *Aquaculture*, 47(2-3): 151-162.
- Lawrence, A., McVey, J.P. and Huner, J.V. (1985). Penaeid shrimp culture. In: J.V. Huner and E.E. Brown (eds.), *Crustacean and Mollusk Aquaculture in the United States*. AVI Publ. Co., USA, pp. 127-157.
- Luna-Serrano, J.I. (1987). Distribución, abundancia y estructura poblacional de *Penaeus californiensis* Holmes 1900, en Bahía Todos Santos, Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México, 64 pp.
- McVey, J.P. and Fox, J.M. (1984). Hatchery techniques for penaeid shrimp utilized by Texas A&M-NMFS Galveston Laboratory program, 131 pp.
- Millán, A. (1991). Efecto de la composición de dietas balanceadas en el crecimiento de post-larvas de *Penaeus californiensis* (Holmes 1900), Decapoda Penaeidae. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México, 104 pp.
- Moore, D., Sherry, R. and Montañes, F. (1974). Maturation of *Penaeus californiensis* in captivity. *Proc. World Maricult. Soc.*, 5: 445-449.
- Ochoa, V. (1994). Situación nacional del cultivo de camarón. Camarón 94': Seminario Internacional de Camaronicultura en México. Mazatlán, Sinaloa, México, pp. 1-12.
- Olguín, M. (1976). Contribución al estudio de la biología del camarón café *Penaeus californiensis* Holmes. Tesis de licenciatura, Instituto Nacional de Pesca, México D.F., 56 pp.
- Olson-Ocampo, R. (1982). Los camarones litorales de Bahía Todos Los Santos, Baja California, México. Sistemática, distribución y ecología (Crustacea, Decapoda, Natantia). Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México, 160 pp.
- Porchas, C.M.A. (1996). Efecto de la salinidad en el desarrollo larvario del camarón café *Penaeus californiensis* (Holmes, 1900). Tesis de licenciatura, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, 64 pp.
- Rosenberry, B. (1995). *World Shrimp Farming 1995*. Shrimp News International, San Diego, CA, USA, 68 pp.
- Villarreal, H. and Naranjo, J. (1994). Survival, metamorphosis and growth of white shrimp *Penaeus vannamei* larvae fed nine food combinations. *Book of Abstracts. Aquaculture '94, WAS*, 110 pp.
- Villavicencio, C. (1976). Estudios de maduración sexual del camarón café *P. californiensis* y del camarón azul *P. stylirostris*. *Mem. Simposio Dinámica Poblacional de Camarones*. Secretaría de Pesca, Instituto Nacional de Pesca, tomo II, pp. 427-446.
- Winer, B.J., Brown, D.R. and Michels, K.M. (1991). *Statistical Principles in Experimental Design*. 3rd ed. McGraw-Hill, pp. 172-182.