

## POST-NURSERY GROWOUT POTENTIAL OF *Penaeus vannamei* IN AN INTENSIVE RACEWAY SYSTEM

## POTENCIAL DE ENGORDA POSTCRIADERO DE *Penaeus vannamei* EN UN SISTEMA INTENSIVO TIPO "RACEWAY"

Lori Robertson<sup>1</sup>  
Tzachi Samocha<sup>1</sup>  
Keith Gregg<sup>2</sup>  
Addison Lawrence<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Texas A&M Shrimp Mariculture Project  
Texas Agricultural Experiment Station  
4301 Waldron Road  
Corpus Christi, TX 78418, U.S.A.

<sup>2</sup> Harlingen Shrimp Farm  
Route 3 Box 4120  
Los Fresnos, TX 78566, U.S.A.

<sup>3</sup> Texas A&M Shrimp Mariculture Project  
Texas Agricultural Experiment Station  
P.O. Drawer Q  
Port Aransas, TX 78373, U.S.A.

*Recibido en noviembre de 1991; aceptado en marzo de 1992*

### ABSTRACT

A 49-day intensive growth trial in 70 m<sup>2</sup> raceways under a greenhouse was conducted with *Penaeus vannamei* (stocked at an average weight of 80 mg and density of 223-299 ind./m<sup>2</sup>). Shrimp grew at an average rate of 0.94 to 1.19 g/week. They were harvested at a mean size of 6.5 to 8.1 g with the biomass produced reaching 1.36 to 1.56 kg/m<sup>2</sup> and survival ranging from 78 to 83%. As biomass increased, the management of water recirculation and water exchange became more intensified. Seawater was replaced initially at a rate of 3%/day and increased to 400% daily during the final week of the study. Although this trial was undertaken during the spring in Texas when ambient morning water temperatures ranged from 18.3 to 28.3°C, temperatures in the raceways were maintained with a mean daily low temperature of 26.8°C and mean daily high of 29.8°C. Shrimp cultured simultaneously in outdoor ponds were smaller (4.3 to 5.0 g) and had lower growth (0.62 to 0.71 g/week). Results obtained in this trial indicate that a larger juvenile can be produced for pond stocking and suggest that *P. vannamei* can be cultured successfully in this intensive raceway system to a marketable size.

### RESUMEN

Se realizó una prueba de engorda intensiva de 49 días de duración en estanques tipo "raceway" de 70 m<sup>2</sup> con *Penaeus vannamei*, sembrados con un peso promedio de 80 mg y a una densidad de 223-299 ind./m<sup>2</sup>. Los camarones mostraron una tasa de crecimiento promedio de 0.94 a 1.19 g/semana. Fueron cosechados a un tamaño promedio de 6.5 a 8.1 g. La biomasa producida alcanzó 1.36 a 1.56 kg/m<sup>2</sup> y la supervivencia varió de 78 a 83%. Al incrementar la biomasa, se intensificó el manejo de la recirculación y el recambio de agua. El agua de mar se reemplazó inicialmente a una tasa de 3% por día y se incrementó hasta 400% por día durante la última

semana del estudio. Aunque se realizó esta prueba durante la primavera en Texas cuando la temperatura ambiente del agua varió de 18.3 a 28.3°C en la mañana, se mantuvo la temperatura en los "raceways" en un promedio mínimo diario de 26.8°C y un promedio máximo diario de 29.8°C. Los camarones cultivados simultáneamente en estanques al aire libre fueron más pequeños (4.3 a 5.0 g) y tuvieron un crecimiento menor (0.62 a 0.71 g/semana). Los resultados obtenidos indican que se puede producir un juvenil mayor para la siembra de estanques y sugieren que se puede cultivar *P. vannamei* exitosamente en este sistema tipo "raceway" hasta un tamaño comercial.

## INTRODUCTION

Intensive culture of penaeid shrimp in raceway systems has been investigated by several research groups. Raceway design varies and they are managed either as closed systems or as semi-closed or semi-open systems. Closed recirculating raceways for use in shrimp culture were used by Mock and coworkers (1973, 1977). More recently, Reid (1989) utilized a super-intensive closed raceway system equipped with biofiltration and ozonation units. At the Texas A&M University Shrimp Mariculture Project, the raceways are managed as semi-closed or semi-open systems. Efforts have concentrated on this type of system since it requires significantly less capital investment than closed and super-intensive recirculating systems. Semi-closed raceways have been used, with varying degrees of success, to culture *P. californiensis*, *P. stylirostris*, *P. merguensis* and *P. semisulcatus* (Salser *et al.*, 1978; Kneale *et al.*, 1981; Cheong *et al.*, 1988). Results of those trials are summarized in Table 1. No information is available concerning the growout of *P. vannamei* in semi-closed raceways.

The raceway technology developed at the Texas A&M University Shrimp Mariculture Project has focused on high density nursery production of *P. vannamei*. In these intensively managed raceways, good survival and high production is achieved in 30 to 60 day nursing periods (Sturmer and Lawrence, 1987; Samocha *et al.*, 1990; Sturmer *et al.*, 1992), making the capability to produce two crops per year in Texas technologically feasible. Yet, using 1986 nursery production data it appears that incorporating intensive raceway nurseries as part of the production cycle in Texas is not commercial (Juan *et al.*, 1988). Growing shrimp to commercial size in raceways may be even less economically feasible. The need for improved technologies and culture strategies is evident. At Texas A&M, along with the current research aimed at

## INTRODUCCION

Varios grupos de investigación han estudiado el cultivo intensivo de camarones penaeidos en sistemas tipo "raceway" (de canal abierto). Hay varios diseños de "raceways" y se manejan ya sea como sistemas cerrados o como sistemas semicerrados o semiabiertos. "Raceways" de tipo cerrado para el cultivo del camarón fueron usados por Mock *et al.* (1973, 1977). Recientemente, Reid (1989) utilizó un sistema superintensivo cerrado equipado con unidades de ozonización y biofiltración. En el proyecto Texas A&M University Shrimp Mariculture, los "raceways" se emplean como sistemas semicerrados o semiabiertos. Los esfuerzos se han concentrado en este tipo de sistema ya que requiere de una inversión de capital significativamente menor que los sistemas cerrados y superintensivos. Se han utilizado "raceways" semicerrados, con diverso grado de éxito, en el cultivo de *P. californiensis*, *P. stylirostris*, *P. merguensis* y *P. semisulcatus* (Salser *et al.*, 1978; Kneale *et al.*, 1981; Cheong *et al.*, 1988). Se resumen los resultados de esas pruebas en la Tabla 1. No hay información acerca de la engorda de *P. vannamei* en "raceways" semicerrados.

La tecnología de los sistemas tipo "raceway" desarrollada en el proyecto Texas A&M University Shrimp Mariculture ha sido enfocada a la producción de crías bajo altas densidades de *P. vannamei*. En estos "raceways" de manejo intensivo se ha logrado una buena supervivencia y una alta producción en períodos de cría de 30 a 60 días (Sturmer y Lawrence, 1987; Samocha *et al.*, 1990; Sturmer *et al.*, 1992), lo que hace tecnológicamente factible la producción de dos cosechas por año en Texas. Sin embargo, de acuerdo con los datos de producción de criaderos de 1986, parece ser que la incorporación de criaderos intensivos de este tipo como parte del ciclo de producción en Texas no es comercial (Juan *et al.*, 1988). El cultivo de camarones hasta un tamaño comercial en "raceways" puede ser

Table 1. Summary of intensive growout trials in semi-closed raceways.  
 Tabla 1. Resumen de las pruebas de engorda intensiva en "raceways" semicerrados.

Raceway area (m <sup>2</sup> )	Species ( <i>Penaeus</i> )	Stocking density (ind./m <sup>2</sup> )	Stocking size (g)	Harvest size (g)	Duration of trial (days)	Growth (g/week)	Survival (%)	Production (kg/m <sup>2</sup> )	Reference
69	<i>californiensis</i>	170	1.2	15.2	162	0.60	26	0.96	Salsler <i>et al.</i> , 1978
"	"	"	0.8	15.9	147	0.72	68	1.87	"
"	<i>stylirostris</i>	"	1.2	21.8	"	0.98	45	1.74	"
"	"	"	0.8	20.3	175	0.7	81	2.31	"
99	"	154	4.6	21.4	105	1.18	83	2.74	"
"	"	156	"	21.8	"	1.22	71	2.42	"
27	<i>semisulcatus</i>	204	1.6	-	31	-	0	-	Kneale <i>et al.</i> , 1981
"	"	"	"	4.9	"	0.74	1	0.01	"
"	"	"	"	3.6	"	0.45	10	0.07	"
"	"	"	"	4.2	"	0.59	18	0.15	"
"	"	"	"	3.7	"	0.47	36	0.27	"
"	"	"	"	2.7	"	0.25	95	0.53	"
40	<i>merguiensis</i>	500	0.3	10.8	92	0.80	16	0.88	Cheong <i>et al.</i> , 1988
"	"	"	"	11.2	"	0.83	20	1.10	"
"	"	625	"	12.2	"	0.91	22	1.65	"
"	"	"	"	12.4	"	0.92	21	1.63	"
"	"	"	"	11.0	"	0.81	22	1.55	"
"	"	"	"	10.6	"	0.78	22	1.45	"

optimizing raceway nursery technology, there is also a need to investigate extending the nursery phase into a post-nursery or growout phase. Initial studies are warranted to determine the possibilities of producing a bigger juvenile shrimp for pond stocking and to evaluate the limits of growout in the raceway system.

## MATERIALS AND METHODS

*Penaeus vannamei* (mean weight of 0.08 g) were stocked into two raceways enclosed in a greenhouse at densities of 223 and 299/m<sup>2</sup> on April 11, 1990. On April 10, shrimp from this same population were stocked into outdoor earthen ponds on a commercial farm located 250 km south of the raceway facility. Two 2.4 ha ponds were stocked at a density of 48/m<sup>2</sup>. These animals served as a general comparison to those cultured in the raceways. The outdoor ponds were aerated with paddle-wheels (7.5 HP/ha). Water was exchanged at an average daily rate of 20%. Temperatures and salinity were measured daily. The 70 m<sup>2</sup> lined raceways utilized have been described previously (Samocho *et al.*, 1990; Sturmer *et al.*, 1992). Photographs and sketches of the raceway are included in Sturmer *et al.* (1992). During a 49-day growth trial, a commercial 45% protein feed (Rangen, Inc., Buhl, Idaho) initially was fed at a rate of 10% body weight/day and then was reduced to 8%/day when the shrimp reached 4 g mean weight. The feed was administered continuously with automatic belt feeders (six per raceway). Management of water recirculation within the raceway and water exchange was modified as biomass increased. For the first three days, water was circulated using only the airlifts. During the remainder of the trial except for the final week, water was recirculated (134%/day) through sand filtration, in addition to the constant water motion provided by the airlifts. The addition of new seawater was 3 to 6%/day for the first 29 days plus a once per week 35% replacement. For the next nine days, the exchange averaged 30%/day. During the last 11 days, seawater was flowed-through (initially at a rate of 200%/day and 400%/day during the last week). Dissolved oxygen was measured daily at dawn, salinity was determined once per day, and daily high and low water temperatures were recorded with a

aun menos factible económicamente. Es evidente que existe la necesidad de mejorar las tecnologías y estrategias de cultivo. En Texas A&M, además del presente estudio para la optimización de la tecnología de criaderos "raceway", también se requiere investigar sobre la prolongación de la etapa de criadero a una etapa de postcriadero o engorda. Los estudios iniciales seguramente determinarán las posibilidades de producir juveniles de camarón de mayor tamaño para siembra en estanques y evaluarán los límites de engorda en tal sistema.

## MATERIALES Y METODOS

Se sembraron *Penaeus vannamei* (peso promedio de 0.08 g) en dos "raceways" dentro de un invernadero a una densidad de 223 y 299/m<sup>2</sup> el 11 de abril de 1990. El 10 de abril, se sembraron camarones de esta misma población en estanques de tierra al aire libre en una granja comercial localizada 250 km al sur de las instalaciones de los "raceways". Se sembraron dos estanques de 2.4 ha a una densidad de 48/m<sup>2</sup> y se utilizaron estos animales para compararlos de forma general con aquellos cultivados en los "raceways". La aeración en los estanques al aire libre fue mediante ruedas de paletas (7.5 HP/ha). El agua se intercambiaba a una tasa diaria promedio de 20%. La temperatura y la salinidad se midieron diariamente. Los "raceways" de 70 m<sup>2</sup> utilizados han sido descritos previamente (Samocho *et al.*, 1990; Sturmer *et al.*, 1992), y se encuentran fotografías y dibujos de éstos en Sturmer *et al.* (1992). Durante una prueba de engorda de 49 días, se proporcionó un alimento comercial de 45% de proteína (Rangen, Inc., Buhl, Idaho), inicialmente a una tasa de 10% peso corporal/día, que se redujo posteriormente a 8%/día cuando los camarones alcanzaron un peso promedio de 4 g. Se administró el alimento continuamente mediante correas de alimentación automáticas (seis por "raceway"). El manejo de la recirculación del agua dentro del "raceway" y el intercambio de agua se modificó a medida que se incrementaba la biomasa. Durante los primeros tres días, se recirculó el agua utilizando únicamente bombas de aire. Durante el resto del experimento, con excepción de la última semana, se recirculó el agua (134%/día) a través de filtros de arena, además del

minimum-maximum thermometer. Microalgae was consistently observed present in the raceways. Samples of shrimp (120-130 individuals per raceway) were collected and weighed (in groups of ten) weekly for growth determinations. To facilitate the stocking of other experiments, 1,527 shrimp were removed from raceway 1 on May 16 and 6,179 shrimp from raceway 2 on May 21. The raceways were harvested on May 29 after a seven-week growout period. Growth was calculated as the mean weekly weight gain; production is reported as the shrimp yield per square meter and cubic meter; survival determinations accounted for the two groups of shrimp transferred to other experiments; and food conversion values were calculated by dividing the quantity of supplemental feed given by the shrimp biomass produced.

## RESULTS

Mean values of the water quality parameters measured during the growth trial were not significantly different between raceways (Table 2). Salinity averaged 35.2 to 35.3 ppt, daily maximum water temperature averaged 29.5 to 29.8°C, the mean low temperature was 26.4 to 27.0°C, and dawn dissolved oxygen levels were 5.2 to 5.4 ppm.

In 49 days, the shrimp stocked in raceway 1 (at 223/m<sup>2</sup>) grew from 0.08 g to 8.12 g at an average rate of 1.19 g/week and those in raceway 2 (299/m<sup>2</sup>) grew to 6.53 g at an average rate of 0.94 g/week (Fig. 1). Survival was 78.7% and 83.3% in raceways 1 and 2, respectively. Production in these 70 m<sup>2</sup> raceways was 1.36 kg/m<sup>2</sup> or 1.91 kg/m<sup>3</sup> in raceway 1 and 1.56 kg/m<sup>2</sup> or 2.19 kg/m<sup>3</sup> in raceway 2. Supplemental feed conversion values (FCR) were 1.18 and 1.30 for raceways 1 and 2, respectively (Table 3).

The shrimp cultured in outdoor ponds grew to a size of 4.3 to 5.0 g at a rate of 0.62 to 0.71 g/week. Salinity averaged 34 ppt, and water temperature ranged from 19 to 29°C. Overall, the water temperature was 2.4 to 3.1°C lower outdoors than in the greenhouse-enclosed raceways.

## DISCUSSION

Raceway water temperatures and dissolved oxygen levels recorded during the trial

movimiento constante del agua suministrada por las bombas de airc. La adición de agua de mar nueva fue de 3 a 6%/día durante los primeros 29 días además de un reemplazo de 35% una vez por semana; los siguientes nueve días, el promedio de intercambio fue de 30%/día. Durante los últimos 11 días se recirculó agua de mar, inicialmente a una tasa de 200%/día y 400%/día durante la última semana. Se midió el oxígeno disuelto diariamente al amanecer, se determinó la salinidad una vez al día y diariamente se registraron las temperaturas extremas del agua con un termómetro máximo-mínimo. Se observó consistentemente la presencia de microalgas en los "raceways". Se colectaron muestras de camarón (120-130 individuos por "raceway") y se pesaron (en grupos de diez) semanalmente para determinar el crecimiento. Para facilitar la siembra de otros experimentos, se removieron 1,527 camarones del "raceway" 1, el 16 de mayo, y 6,179 camarones del "raceway" 2, el 21 de mayo; se cosecharon el 29 de mayo después de un período de engorda de siete semanas. Se calculó el crecimiento como el aumento promedio de peso semanal; la producción se reporta como el rendimiento de camarón por metro cuadrado y metro cúbico; en las determinaciones de supervivencia se tomaron en cuenta los dos grupos de camarones transferidos a otros experimentos; los valores de la conversión de alimento se calcularon dividiendo la cantidad de alimento suplementario dado por la biomasa de camarón producida.

## RESULTADOS

Los valores promedio de los parámetros de la calidad del agua medidos durante la prueba de crecimiento no variaron significativamente entre los "raceways" (Tabla 2). La salinidad promedio fue de 35.2 a 35.3 ppm, la temperatura diaria máxima promedio del agua fue de 29.5 a 29.8°C, la temperatura mínima promedio fue de 26.4 a 27.0°C, y los niveles de oxígeno disuelto al amanecer fueron de 5.2 a 5.4 ppm.

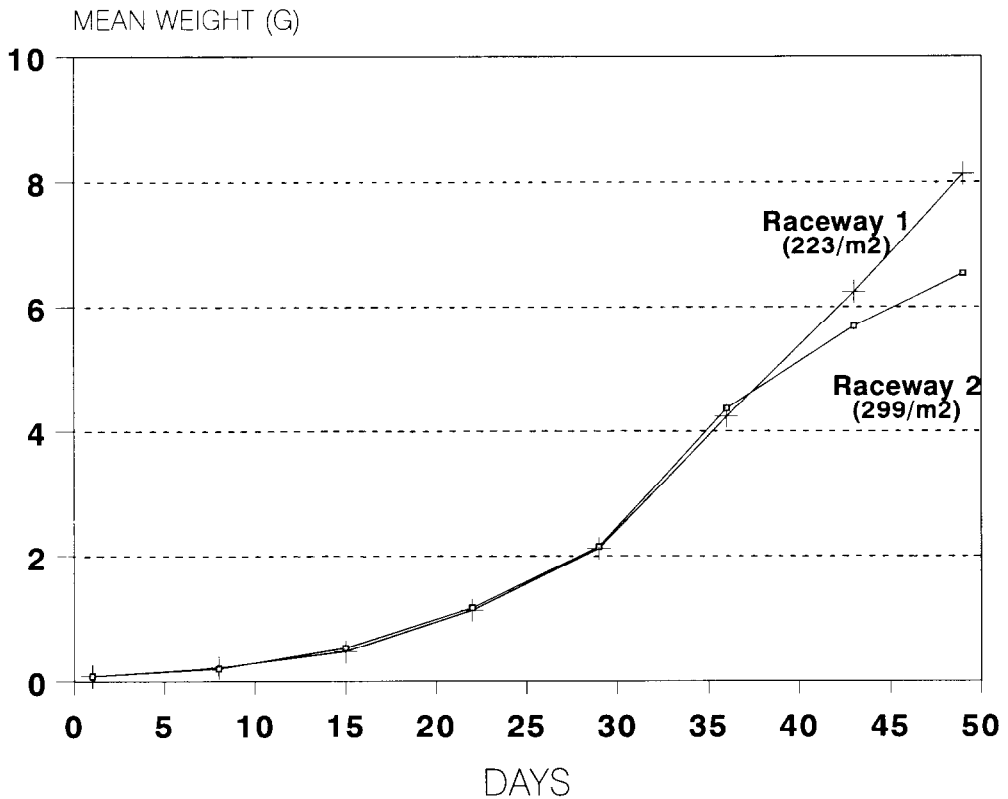
En 49 días, los camarones sembrados en el "raceway" 1 (a 223/m<sup>2</sup>) crecieron de 0.08 g a 8.12 g a una tasa promedio de 1.19 g/semana y los camarones en el "raceway" 2 (299/m<sup>2</sup>) crecieron hasta 6.53 g a una tasa promedio de 0.94 g/semana (Fig. 1). La

**Table 2.** Water quality values\* during an intensive growth trial in raceways.

**Tabla 2.** Valores\* de la calidad del agua durante una prueba de crecimiento intensivo en un sistema tipo "raceway".

Parameter	Raceway 1	Raceway 2
Salinity (ppt)	35.2 ± 0.8	35.3 ± 0.8
Daily low temperature (°C)	26.4 ± 1.8	27.0 ± 2.2
Daily high temperature (°C)	29.5 ± 2.0	29.8 ± 2.0
Morning dissolved oxygen (ppm)	5.4 ± 1.0	5.2 ± 1.2

\* Values are means ± SD. There were no significant differences between raceways (P = 0.05).



**Figure 1.** Mean weight of *Penaeus vannamei* during an intensive 49-day growth trial in raceways enclosed in a greenhouse.

**Figura 1.** Peso promedio de *Penaeus vannamei* durante una prueba de engorda intensiva de 49 días en un sistema tipo "raceway".

are considered excellent for the culture of this species. An average salinity of 35 ppt, although not optimal for *P. vannamei*, was satisfactory. Since the raceways are enclosed inside a greenhouse structure, raceway water temperatures were maintained better than outdoor water temperatures. The ambient seawater temperature dropped as low as 18.3°C, whereas the lowest temperature recorded in the raceways was 22.3°C. These higher raceway temperatures were advantageous for growth. Shrimp cultured in the raceways grew faster than those transported and cultured at lower density in outdoor ponds. Water temperatures were at least 2.4°C lower in the outdoor ponds than in the raceways, even though the ponds are located in a region of southern Texas with a comparatively milder climate. Under typical semi-intensive pond growout conditions, *P. vannamei* grow at a rate of about 1.1 g/week at a stocking density of 7 juveniles/m<sup>2</sup> (Clifford, 1985). In intensive pond growout systems, shrimp growth is comparable. *P. vannamei* grew 1.26 g/week when stocked at a density of 25/m<sup>2</sup> (Huang, 1990), 0.7 to 1.8 g/week at 45/m<sup>2</sup> (Wyban and Sweeney, 1989) and 1.4 to 1.5 g/week at 75 to 100/m<sup>2</sup> (Wyban *et al.*, 1988). In contrast, Sandifer and coworkers (1988) reported a lower growth rate of approximately 0.51 g/week for *P. vannamei* cultured intensively at densities of 20 to 100/m<sup>2</sup>. Data for growout of *P. vannamei* in raceways are scarce. Some research has been done in a super-intensive recirculating raceway system showing that *P. vannamei* stocked at 1,000-2,000/m<sup>3</sup> can grow 0.61 g/week (Reid, 1989). The present study is the first to evaluate growout of *P. vannamei* in an intensive raceway system with no bio-filtration or sterilization units incorporated. Growth during this raceway trial (0.94 to 1.19 g/week) was comparable to that achieved in intensive ponds as previously noted, even though stocking densities in the raceways (223-299/m<sup>2</sup>) were much higher than in the aforementioned pond trials (20-100/m<sup>2</sup>). Although the growth rates achieved in the present raceway trial were good, it is possible that growth could have been even faster with improved management techniques.

The growth curves viewed in Figure 1 are strikingly similar for the two raceways

supervivencia fue de 78.7% y 83.3% en los "raceways" 1 y 2, respectivamente. La producción en los "raceways" de 70 m<sup>2</sup> fue de 1.36 kg/m<sup>2</sup> ó 1.91 kg/m<sup>3</sup> en el número 1 y de 1.56 kg/m<sup>2</sup> ó 2.19 kg/m<sup>3</sup> en el número 2. Los valores de conversión de alimento suplementario (FCR) fueron 1.18 y 1.30 para los "raceways" 1 y 2, respectivamente (Tabla 3).

Los camarones cultivados en los estanques al aire libre alcanzaron una talla de 4.3 a 5.0 g a una tasa de 0.62 a 0.71 g/semana. La salinidad fue de 34 ppm, y el intervalo de temperatura del agua fue de 19 a 29°C. Globalmente, la temperatura del agua fue de 2.4 a 3.1°C menor en los estanques al aire libre que en los "raceways" dentro de un invernadero.

## DISCUSION

Las temperaturas del agua y los niveles de oxígeno disuelto en los "raceways", registrados durante la prueba, se consideran excelentes para el cultivo de esta especie. La salinidad promedio de 35 ppm, aunque no óptima para *P. vannamei*, fue satisfactoria. Dado que los "raceways" se encuentran dentro de un invernadero, se mantuvieron mejor las temperaturas del agua en ellos que en los estanques al aire libre. La temperatura ambiente del agua de mar bajó hasta 18.3°C, mientras que la mínima registrada en los "raceways" fue de 22.3°C. Estas mayores temperaturas en los "raceways" favorecieron el crecimiento. Los camarones cultivados en ellos crecieron más rápido que los que se transportaron y cultivaron a densidades menores en los estanques al aire libre. Las temperaturas del agua fueron por lo menos 2.4°C menores en los estanques al aire libre que en los "raceways", aun cuando los primeros estaban en una región del sur de Texas con clima comparativamente más templado. Bajo condiciones típicas de engorda semi-intensiva en estanques, *P. vannamei* crece a una tasa de 1.1 g/semana a una densidad de siembra de 7 juveniles/m<sup>2</sup> (Clifford, 1985). El crecimiento de los camarones en sistemas intensivos de estanques de engorda es comparable. *P. vannamei* creció 1.26 g/semana cuando se sembró a una densidad de 25/m<sup>2</sup> (Huang, 1990), de 0.7 a 1.8 g/semana a 45/m<sup>2</sup> (Wyban y Sweeney, 1989) y de 1.4 a 1.5

**Table 3.** Survival, growth, production and food conversion data for *P. vannamei* cultured intensively in raceways.**Tabla 3.** Datos de supervivencia, crecimiento, producción y conversión de alimento para *P. vannamei* cultivado intensivamente en un sistema tipo "raceway".

	Raceway 1	Raceway 2
Stocking density (ind./m <sup>2</sup> )	223	299
Stocking density (ind./m <sup>3</sup> )	313	419
Growth (g/week)	1.19	0.94
Survival (%)	78.7	83.3
Production (kg/m <sup>2</sup> )	1.36	1.56
Production (kg/m <sup>3</sup> )	1.91	2.19
FCR	1.18:1	1.30:1

until the last 12 days of the trial, when growth in raceway 2 slowed. At harvest, there was a 1.6 g weight difference between the shrimp from the two raceways which cannot be attributed to any factor other than shrimp density and biomass, which was consistently higher in raceway 2.

Survival (78.7 to 83.3%) is considered good for the 49-day growout period in raceways. Approximately 2% of the mortality can be accounted for when the shrimp reached a size of about 2 g and began jumping out of the raceways, a problem not encountered during previous nursery trials. Since the 10-12 cm freeboard was not sufficient, barriers were installed around the perimeters of the raceways to prevent shrimp from escaping. In intensive pond trials, survival of *P. vannamei* is typically above 80% (Sandifer *et al.*, 1988; Wyban and Sweeney, 1989).

The production level achieved in the present raceway trial (1.36 to 1.56 kg/m<sup>2</sup>) is generally higher than reported yields of *P. vannamei* in intensive growout ponds, which include 0.4 kg/m<sup>2</sup> (Huang, 1990), 0.3 to 0.7 kg/m<sup>2</sup> (Wyban and Sweeney, 1989), 0.2 to 1.3 kg/m<sup>2</sup> (Sandifer *et al.*, 1988), and 0.9 to 1.6 kg/m<sup>2</sup> (Wyban *et al.*, 1988). Although higher than pond production, the biomass produced in the present trial is similar to that reached in previous nursery trials in the same raceway system. At Texas A&M, raceway nursery trials produced yields of 1.42 to 1.89 kg/m<sup>2</sup> (Samocha *et al.*, 1990) and 1.4 to 2.0 kg/m<sup>2</sup> (Sturmer and Lawrence, 1987, 1988).

g/semana a 75 a 100/m<sup>2</sup> (Wyban *et al.*, 1988). Por otro lado, Sandifer *et al.* (1988) reportaron una menor tasa de crecimiento, aproximadamente 0.51 g/semana, para *P. vannamei* cultivado intensivamente a densidades de 20 a 100/m<sup>2</sup>. Son muy escasos los datos de engorda de *P. vannamei* en sistemas tipo "raceway". Se ha realizado investigación en un sistema superintensivo de este tipo, la cual mostró que *P. vannamei* sembrado a 1,000-2,000/m<sup>3</sup> puede crecer 0.61 g/semana (Reid, 1989). El presente estudio es el primero que evalúa la engorda de *P. vannamei* en un sistema intensivo tipo "raceway" sin la incorporación de unidades de esterilización o biofiltración. El crecimiento obtenido en los "raceways" durante esta prueba (0.94 a 1.19 g/semana) fue comparable al logrado en estanques intensivos como se señaló anteriormente, aun cuando las densidades de siembra en éstos (223-299/m<sup>2</sup>) fueron mucho mayores que en las ya mencionadas pruebas en estanques (20-100/m<sup>2</sup>). Aunque las tasas de crecimiento obtenidas en los "raceways" resultaron buenas, es posible que el crecimiento hubiera sido aún más rápido con mejores técnicas de manejo.

Las curvas de crecimiento que se aprecian en la Figura 1 son muy similares para ambos "raceways" hasta los últimos 12 días de la prueba, cuando disminuyó el crecimiento en el "raceway" 2. Al cosechar, hubo una diferencia de peso de 1.6 g entre los camarones de ambos "raceways", la cual no se puede atribuir a ningún otro factor más que a la biomasa y densidad de camarón, que fue consistentemente mayor en el número 2.



Although economic analysis concerning the growout of *P. vannamei* in the raceway system is beyond the scope of this experiment, it is warranted, particularly to gain some insight into the "break-even" yield required. The cost of raceways enclosed in greenhouses varies considerably, depending on design. It is estimated that a system of two raceways similar to those used in the present study can be built for a minimum of \$20,000 excluding labor.

This study has shown that with current system design and management, the raceways at Texas A&M are capable of producing a larger juvenile for stocking into growout ponds and indicates that the raceways have potential for growout of penaeid shrimp. To date, yields reaching 2 kg/m<sup>2</sup> can be comfortably produced in the system. Design modifications and/or different management strategies could allow much higher production levels.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded in part under Grant No. H-6028 from the Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University System, and by the U.S. Department of Agriculture, Cooperative State Research Service, Grant No. 88-38808-3319. Patrick Cruz, Don Meineke (now deceased) and Jane Roper provided technical support during the study. Feed used was donated by Rangen, Inc.

#### LITERATURE CITED

- Cheong, L., Chan, F.K., Chou, R., Wong, F.J. and Lim, A. (1988). Observations on the culture of shrimps in raceways in Singapore. Singapore J. Pri. Ind., 16: 1-12.
- Clifford, H.C. (1985). Semi-intensive shrimp farming. In: G.W. Chamberlain, M.G. Haby and R.J. Miget (eds.), Texas Shrimp Farming Manual. Texas Agricultural Extension Service, Corpus Christi, Texas, pp. IV 13-40.
- Huang, H.J. (1990). An intensive shrimp culture trial in Guatemala, Central America. Ann. Meeting World Aquaculture Soc., Halifax, Nova Scotia. Abstract only.
- Juan, Y., Griffin, W.L. and Lawrence, A.L. (1988). Production costs of juvenile

La supervivencia (78.7 a 83.3%) se considera buena para el período de engorda de 49 días en los "raceways". Aproximadamente el 2% de la mortandad se puede atribuir a que cuando los camarones alcanzaron una talla de alrededor de 2 g comenzaron a saltar fuera de los "raceways"; este problema no se había presentado en pruebas anteriores. Ya que las paredes de 10-12 cm no fueron suficientes, se instalaron barreras alrededor de los "raceways" para impedir que escaparan los camarones. En pruebas intensivas en estanques, la supervivencia de *P. vannamei* es típicamente mayor del 80% (Sandifer *et al.*, 1988; Wyban y Sweeney, 1989).

El nivel de producción logrado en los "raceways" en el presente estudio (1.36 a 1.56 kg/m<sup>2</sup>) es generalmente mayor que los rendimientos reportados para *P. vannamei* en estanques de engorda intensiva, que incluyen 0.4 kg/m<sup>2</sup> (Huang, 1990), 0.3 a 0.7 kg/m<sup>2</sup> (Wyban y Sweeney, 1989), 0.2 a 1.3 kg/m<sup>2</sup> (Sandifer *et al.*, 1988), y 0.9 a 1.6 kg/m<sup>2</sup> (Wyban *et al.*, 1988). Aunque mayor que la producción en estanques, la biomasa producida en este estudio es similar a la alcanzada en pruebas anteriores con el mismo sistema. En Texas A&M, estas pruebas dieron rendimientos de 1.42 a 1.89 kg/m<sup>2</sup> (Samocha *et al.*, 1990) y de 1.4 a 2.0 kg/m<sup>2</sup> (Sturmer y Lawrence, 1987, 1988).

Aunque el análisis económico sobre la engorda de *P. vannamei* en el sistema tipo "raceway" está fuera del alcance de este trabajo, éste es conveniente, en particular para obtener una idea del rendimiento requerido para "salir a mano". El costo de los "raceways" encerrados en invernaderos sería considerablemente dependiendo del diseño. Se estima que un sistema de dos "raceways" similar al usado en el presente estudio puede construirse por un mínimo de \$20,000 dólares, excluyendo mano de obra.

Este estudio muestra que con el diseño y manejo del actual sistema, los "raceways" del Texas A&M son capaces de producir juveniles de mayor tamaño para la siembra de estanques de engorda y tienen potencial para la engorda de los camarones peneidos. A la fecha, el sistema fácilmente puede producir rendimientos de hasta 2 kg/m<sup>2</sup>. Modificaciones al diseño y/o diferentes estrategias de manejo podrían permitir mayores niveles de producción.

- penaeid shrimp in an intensive greenhouse raceway nursery system. *J. World Aquaculture Soc.*, 19: 149-160.
- Kneale, D.C., Al-Hajj, A.B., Maynard, E.C.L. and Farmer, A.S.D. (1981). Development of an intensive shrimp culture system in Kuwait. *J. World Mariculture Soc.*, 12: 15-26.
- Mock, C.R., Neal, R.A. and Salser, B.R. (1973). A closed raceway for the culture of shrimp. *Proc. Fourth Ann. Workshop, World Mariculture Soc.*, pp. 247-259.
- Mock, C.R., Ross, L.R. and Salser, B.R. (1977). Design and preliminary evaluation of a closed system for shrimp culture. *Proc. Eighth Ann. Workshop, World Mariculture Soc.*, pp. 333-356.
- Reid, B. (1989). Evaluation of a recirculating raceway system for the intensive culture of the penaeid shrimp *Penaeus vannamei* Boone. Master's thesis, Corpus Christi State Univ., Corpus Christi, Texas, 70 pp.
- Salser, B., Mahler, L., Lightner, D., Ure, J., Donald, D., Brand, C., Stamp, N., Moore, D. and Colvin, B. (1978). Controlled environment aquaculture of penaeids. In: P.N. Kaul and C.J. Sindermann (eds.), *Drugs and Food from the Sea*. Univ. of Oklahoma, Norman, Oklahoma, pp. 345-355.
- Samocha, T.M., Lawrence, A.L. and Biedenbach, J.M. (1990). A new concept for water management strategy for nursery of penaeid postlarvae in raceways. *Ann. Meeting World Aquaculture Soc.*, Halifax, Nova Scotia. Abstract only.
- Sandifer, P.A., Hopkins, J.S. and Stokes, A.D. (1988). Intensification of shrimp culture in earthen ponds in South Carolina: progress and prospects. *J. World Aquaculture Soc.*, 19: 218-226.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado en parte por el Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University System (convenio No. H-6028) y por el U.S. Department of Agriculture, Cooperative State Research Service (convenio No. 88-38808-3319). Patrick Cruz, Don Meineke (finado) y Jane Roper dieron apoyo técnico durante el estudio. El alimento usado fue donado por Rangen, Inc.

Traducido al español por Christine Harris.

- 
- Sturmer, L.N. and Lawrence, A.L. (1987). Effects of stocking density on growth and survival of *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris* postlarvae in intensive raceways. *J. World Aquaculture Soc.*, 18: 6A.
- Sturmer, L.N. and Lawrence, A.L. (1988). Feeding regimes for enhanced *Penaeus vannamei* production in intensive nursery raceways. *Ann. Meeting World Aquaculture Soc.*, Honolulu, Hawaii. Abstract only.
- Sturmer, L.N., Samocha, T.M. and Lawrence, A.L. (1992). Intensification of penaeid nursery systems. In: A.W. Fast and L.G. Lester (eds.), *Culture of Marine Shrimp: Principles and Practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 321-344.
- Wyban, J.A. and Sweeney, J.N. (1989). Intensive shrimp growout trials in a round pond. *Aquaculture*, 76: 215-225.
- Wyban, J.A., Sweeney, J.N. and Kanna, R.A. (1988). Shrimp yields and economic potential of intensive round pond systems. *J. World Aquaculture Soc.*, 19: 210-217.