

03067



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO

28

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS
PROFESIONAL Y DE POSGRADO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

**"RELACION ENTRE LA DENSIDAD DE
SIEMBRA Y CALIDAD DE AGUA CON
EL CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA
Y PRODUCCION DE CAMARON BLANCO
(*Penaeus vannamei* BOONE, 1931) EN
UNA GRANJA COMERCIAL DE
SINALOA, MEXICO."**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR
(OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA Y PESQUERA)

P R E S E N T A :

JUAN MANUEL AUDELO NARANJO

A S E S O R :

DR. JOSE ANTONIO CALDERON PEREZ

MAZATLAN, SINALOA, MEXICO, 1995.

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

03067



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

28

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS
PROFESIONAL Y DE POSGRADO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

**"RELACION ENTRE LA DENSIDAD DE
SIEMBRA Y CALIDAD DE AGUA CON
EL CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA
Y PRODUCCION DE CAMARON BLANCO
(*Penaeus vannamei* BOONE, 1931) EN
UNA GRANJA COMERCIAL DE
SINALOA, MEXICO."**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR
(OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA Y PESQUERA)

P R E S E N T A :

JUAN MANUEL LAUDELO NARANJO

A S E S O R :

DR. JOSE ANTONIO CALDERON PEREZ

MAZATLAN, SINALOA, MEXICO, 1995.

FALLA DE ORIGEN
EN SU TOTALIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

**UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS
PROFESIONAL Y DE POSGRADO**

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

**RELACION ENTRE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y CALIDAD DE AGUA CON EL
CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA Y PRODUCCION DE CAMARON BLANCO
(*Penaeus vannamei* BOONE, 1931) EN UNA GRANJA COMERCIAL DE SINALOA,
MEXICO.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR**

(OCEANOGRAFIA BIOLOGICA Y PESQUERA)

PRESENTA

JUAN MANUEL AUDELO NARANJO

ASESOR

DR. JOSE ANTONIO CALDERON PEREZ

MAZATLAN, SINALOA, MEXICO

1995

CONTENIDO

INTRODUCCION

- a) Generalidades.....1
- b) Importancia.....3
- c) Antecedentes.....4

AREA DE ESTUDIO.....11

HIPOTESIS.....14

OBJETIVOS.....14

METODOLOGIA.....15

RESULTADOS

PRIMER CICLO DE CULTIVO

Parámetros fisico-químicos.....18

Ciclo de 24 horas.....18

Temperatura del agua.....18

Oxígeno disuelto.....19

Salinidad.....19

Turbidez.....20

pH.....20

Tasa de crecimiento.....21

Descripción de las curvas de crecimiento.....21

Sobrevivencia poblacional.....21

Biomasa y rendimiento.....22

Tasa de conversión de alimento.....22

SEGUNDO CICLO DE CULTIVO

Parámetros fisico-químicos.....	43
Temperatura del agua.....	43
Oxígeno disuelto.....	43
Salinidad.....	44
Turbidez.....	44
pH.....	45
Tasa de crecimiento.....	45
Descripción de las curvas de crecimiento.....	46
Sobrevivencia poblacional.....	46
Biomasa y rendimiento.....	47
Tasa de conversión de alimento.....	47
Relación con la densidad de siembra.....	47
Relación entre crecimiento y calidad de agua.....	48
DISCUSION	
Parámetros fisico-químicos.....	69
Temperatura del agua.....	69
Oxígeno disuelto.....	70
Salinidad.....	71
Turbidez.....	72
pH.....	73
Tasa de crecimiento.....	74
Relación entre crecimiento y calidad de agua.....	75
Descripción de las curvas de crecimiento.....	79
Sobrevivencia poblacional.....	81
Biomasa y rendimiento.....	83
Tasa de conversión de alimento.....	84
Relación con la densidad de siembra.....	85
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES.....	89
LITERATURA CITADA.....	90

FALLA DE ORIGEN

RELACION DE FIGURAS

Fig. 1. Macrolocalización de la granja El Yaqui.....12

Fig. 1a. Microlocalización de la granja El Yaqui.....13

Fig. 2. Variaciones diurnas de oxígeno disuelto y temperatura del agua.....23

Fig. 3. Temperatura del agua por estanque.....25

Fig. 4. Oxígeno disuelto por estanque.....27

Fig. 5. Salinidad por estanque.....29

Fig. 6. Turbidez por estanque.....31

Fig. 7. pH por estanque.....33

Fig. 8. Curvas de crecimiento de P. vannamei por estanque ajustadas por el modelo lineal.....36

Fig. 9. Curvas de crecimiento de P. vannamei por estanque ajustadas por el modelo de von Bertalanffy.....37

Fig. 10. Curvas de crecimiento de P. vannamei por estanque ajustadas por el modelo polinomial.....39

Fig. 11. Error cuadrático, error porcentual absoluto medio y coeficiente de correlación.....40

Fig. 12. Supervivencia, biomasa, rendimiento y tasa de conversión de alimento por estanque.....42

Fig. 13. Temperatura del agua por estanque del segundo ciclo de cultivo.....50

Fig. 14. Oxígeno disuelto por estanque del segundo ciclo de cultivo.....52

Fig. 15. Salinidad por estanque del segundo ciclo de cultivo...54

Fig. 16. Turbidez por estanque del segundo ciclo de cultivo...56

Fig. 17. pH por estanque del segundo ciclo de cultivo.....58

Fig. 18. Curvas de crecimiento de P. vannamei por estanque ajustada por el modelo lineal del segundo ciclo.....61

Fig. 19. Curvas de crecimiento de P. vannamei por estanque ajustada por el modelo de von Bertalanffy, del segundo ciclo de cultivo.....62

Fig. 20. Curvas de crecimiento de <u>P. vannamei</u> por estanque ajustadas por el modelo polinomial, del segundo ciclo de cultivo.....	64
Fig. 21. Error cuadrático, error porcentual absoluto medio y coeficiente de correlación.....	65
Fig. 22. Sobrevivencia y biomasa por estanque de ambos ciclos de cultivo.....	67
Fig. 23. Rendimiento y tasa de conversión de alimento de ambos ciclos de cultivo.....	68

RELACION DE TABLAS

Tabla 1. Valores semanales de temperatura (°C) del 1er ciclo...	24
Tabla 2. Valores semanales de OD (mg/l) del 1er ciclo.....	26
Tabla 3. Valores semanales de salinidad (‰) del 1er ciclo. .	28
Tabla 4. Valores semanales de turbidez (cm) del primer ciclo...	30
Tabla 5. Valores semanales de pH del primer ciclo.....	32
Tabla 6. Datos de siembra del primer ciclo.....	34
Tabla 7. Peso medio de <u>P. vannamei</u> del primer ciclo.....	34
Tabla 8. Ecuaciones de crecimiento y tasas de crecimiento semanal en gramos por semana del primer ciclo.....	35
Tabla 9. Ecuaciones ajustadas del modelo de Bertalanffy.....	35
Tabla 10. Ecuaciones ajustadas del modelo polinomial.....	38
Tabla 11. Valores de error cuadrático medio, error porcentual absoluto medio y coef. de correlación del 1er ciclo.....	38
Tabla 12. Datos de cosecha del primer ciclo.....	41
Tabla 13. Valores semanales de temperatura del 2do ciclo.....	49
Tabla 14. Valores semanales de OD (mg/l) del segundo ciclo.....	51
Tabla 15. Valores semanales de salinidad (‰) del 2do ciclo...	53
Tabla 16. Valores semanales de turbidez (cm) del 2do ciclo.....	55
Tabla 17. Valores semanales de pH del segundo ciclo.....	57
Tabla 18. Datos de siembra del segundo ciclo.....	59
Tabla 19. Peso medio de <u>P. vannamei</u> del segundo ciclo.....	59

Tabla 20. Ecuaciones de crecimiento y tasas de crecimiento semanal en gramos por semana del segundo ciclo.....	60
Tabla 21. Ecu. ajustadas del modelo de von Bertalanffy del segundo ciclo.....	60
Tabla 22. Ecuaciones ajustadas del modelo polinomial del segundo ciclo.....	63
Tabla 23. Valores de error cuadrático medio, error porcentual absoluto medio y coef. de correlación del 2do ciclo.....	63
Tabla 24. Datos de cosecha del segundo ciclo.....	66
Tabla 25. Estadísticas de la regresión lineal múltiple.....	66

A MIS PADRES Y A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA Y A MIS HIJOS, JUAN MANUEL Y DULCE ESTEFANIA

FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Antonio Calderón por la asesoría y la inestimable ayuda prestada desde el planteamiento inicial hasta la finalización del presente estudio. Y por la amistad brindada.

A los Dr. Francisco Javier Flores Verdugo, Dr. Federico Alberto Abreu Grobois y al M. en C. Arturo Núñez Pastén por las aportaciones y mejoras sugeridas para este trabajo, y por la confianza que me brindaron.

Al Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez por el apoyo y la buena disposición que dispensó en el largo procedimiento tanto académico como administrativo de esta tesis.

A Ma. Clara Ramírez Jáuregui debido a su amabilidad y apoyo en las múltiples búsquedas bibliográficas.

A la sociedad Productora de Especies Acuáticas, S. A. (PEACSA), por las facilidades prestadas en la granja El Yaqui. Al B.P. Santos Quintero Leyva.

Y muy especialmente al B.P. Aurelio Garibaldi Castro por su apoyo y sobre todo por su amistad.

A los B.P. José Luis Madero Pérez y B.P. Olga Zamudio Armenta por el apoyo técnico y entusiasta colaboración.

A la ESCIMAR y a la CGIP-UAS por el auspicio de la investigación en que se inscribió este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al CONACYT.

RESUMEN

Se estudió la relación entre la densidad de siembra y calidad de agua con el crecimiento y producción de camarón blanco (*P. vannamei*) en una granja semi-intensiva en el estado de Sinaloa; se trabajaron cuatro estanques rústicos de un área aproximada de 5 ha de superficie cada uno. El estudio comprendió dos ciclos de cultivo, el primero de noviembre de 1993 a marzo de 1994 (otoño-invierno), y el segundo de junio a agosto de 1994 (primavera-verano). En el primer cultivo las densidades de siembra fueron de 47.2, 41.8, 52.8 y 37.0 y en el segundo ciclo fueron de 22.0, 17.0, 18.0 y 14.0 pl's/m². Las postlarvas provenían del medio natural. Los promedios de temperatura, OD, salinidad, turbidez y pH presentaron valores favorables para el cultivo del camarón blanco.

Se encontró una correlación significativa entre temperatura, OD y salinidad con la tasa de crecimiento. La combinación de buenos niveles de OD con temperaturas y salinidades altas y densidades de siembra menores determinaron mayores tasas de crecimiento.

Los modelos lineal, de von Bertalanffy y el polinomial, demostraron ser útiles al proporcionar una descripción adecuada del crecimiento de *P. vannamei* en el intervalo de tiempo considerado. La diferencia en las tasas de crecimiento entre los dos ciclos de cultivo se debe principalmente a la densidad de siembra y a las condiciones ambientales prevalecientes en la estación del año.

Se determinó que hubo diferencias de sobrevivencia entre los dos ciclos, siendo significativamente mayor la sobrevivencia en el segundo cultivo, posiblemente debido a una menor densidad de cultivo. Se concluye que la densidad de siembra óptima por ciclo fue de 47.2 pl's/m² en otoño-invierno y de 22.0 pl's/m² para el de primavera-verano.

INTRODUCCION.

a) Generalidades.

La acuicultura se realiza tanto en aguas dulces como en salobres y marinas. La acuicultura que se practica en éstos dos últimos ambientes se denomina maricultura (Wheaton, 1977). Es una actividad ampliamente difundida a nivel mundial; en el año de 1980 contribuyó con el 13% de la producción total de alimentos acuáticos y se espera una participación de cerca del 25% para el año 2010 (Meade, 1989).

Las primeras granjas comerciales de camarón tuvieron su origen en Japón, donde en 1934 Fujinaga tuvo éxito en el desove de organismos maduros y en el cultivo de larvas de Penaeus japonicus (Bardach et al. 1972). Sin embargo, no fue si no hasta la década de los 60's que la industria del cultivo de camarón a nivel comercial inició su desarrollo (Beveridge, 1991).

La producción mundial de camarones peneidos pasó de 1.5 millones de toneladas en 1985 (Anónimo, 1985), a 2.2 millones en 1989, en éste año el aporte del camarón cultivado representó el 26%; esta producción se sostiene básicamente por tres especies, que en conjunto representan el 71% del total, y corresponden al camarón tigre gigante (Penaeus monodon) el 33%, al camarón blanco chino (Penaeus chinensis) el 28% y al camarón blanco de occidente (Penaeus vannamei) el 10%; los países asiáticos contribuyen con un alto porcentaje de la producción mundial, ya que en 1989 la

República Popular China, Indonesia, Tailandia y Filipinas produjeron conjuntamente 385,000 toneladas (Anónimo, 1990).

En Latinoamérica los antecedentes del cultivo de camarón son recientes, se ubican prácticamente en la década de los sesentas, consolidándose en los setentas. El país pionero en la producción de camarón en estanques de cultivo fue Ecuador, donde las actividades de cultivo se iniciaron aparentemente en 1969. En 1980 se construyó la primera granja camaronicola en ese país con asesoría de France Aquaculture. En 1974 se estableció una granja piloto en Panamá, en la cual se dió inicio al desarrollo de la tecnología de producción masiva de postlarvas básicamente de P. vannamei y la engorda de las mismas en estanques rústicos. En los Estados Unidos de Norteamérica, se ha trabajado con especies nativas como Penaeus aztecus y P. setiferus (Arredondo Figueroa, 1990).

La producción de camarón en estanques, en zonas de aguas salobres, es una industria que presenta un rápido e importante crecimiento en muchos países tropicales. Las técnicas para producción de camarón muestran un desarrollo acelerado (Boyd, 1989). La camaronicultura se está convirtiendo en una realidad en muchos países del continente Americano. De entre los países de la costa del Pacífico, México ha sido considerado desde la década pasada, con un gran potencial para el cultivo de camarón, debido a las

condiciones favorables del clima y a la disponibilidad de postlarvas del medio natural (Griffin et al. 1985).

b) Importancia.

El cultivo de camarón en México, se ha establecido fundamentalmente en la zona costera de Sinaloa ya que concentra 8219 ha, lo cual representa el 82.64% de la superficie total de estanquería (Gámez Eternod y de la Lanza Espino, 1992).

En la fase de engorda, una de las diferencias entre las tres categorías de producción; que son el sistema extensivo, semi-intensivo e intensivo; están dadas por la densidad de siembra (Leber y Pruder, 1988). El manejo de la densidad de cultivo es un aspecto cuya magnitud esta ligada al tipo de cultivo; en el semi-intensivo es a nivel medio, comunmente de 10 organismos por metro cuadrado; otras características de este sistema es que se adiciona alimento complementario y/o fertilización (Martínez Córdova, 1993).

Al intensificar la producción de las granjas camaronícolas a escala comercial, las cuestiones sobre los beneficios económicos al incrementar la densidad de postlarvas en los estanques, aún no han sido resueltos del todo, debido a que la relación entre el aumento de densidad y ganancia económica no es lineal (Lambregts et al. 1993). Considerando la importancia económica de la camaronicultura, es necesario conocer los aspectos más relevantes

del manejo de estanques en particular sobre su capacidad de carga en términos de la densidad de siembra de postlarvas.

Los estudios que relacionan la densidad con el crecimiento de camarón blanco se han realizado básicamente en otros países, por lo que interesa evaluar en forma precisa el efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y producción de P. vannamei en cultivos comerciales en México y en particular en el estado de Sinaloa.

c) Antecedentes.

México se inició en el desarrollo de técnicas de cultivo de camarón en 1972 con trabajos en estanques experimentales en Ensenada de los Carros, Mazatlán, Sinaloa. En 1973 en puerto Peñasco se llevaron a cabo cultivos de P. stylirostris en invernadero bajo el auspicio de la Universidad de Arizona y la Universidad de Sonora. En 1980 se hicieron algunas actividades de camaronicultura en diversas granjas de Nayarit (Reprieto y Rodríguez, 1984).

El cultivo de camarón en México, está representado por tres especies, el camarón blanco (P. vannamei), el azul (P. stylirostris), y el café (P. californiensis). El camarón blanco representa el 90% del camarón cultivado (Lobato, 1990).

En el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, se indica que la importancia de la acuacultura es cada vez mayor debido a la

creciente competencia internacional y a que la explotación en muchas zonas de pesca prácticamente han alcanzado su límite natural de captura (Secretaría de Pesca, 1990).

Del potencial estimado de 335,000 ha de tierra adecuada para la camaronicultura en el litoral del Pacífico, el 30% se localiza en Sinaloa (Mena Herrera, 1991). Estas áreas son principalmente extensas llanuras de inundación estacional, es decir terrenos por arriba del nivel medio de la marea alta y normalmente adyacentes a las zonas de manglar. Estas zonas se consideran apropiadas para el desarrollo de la acuicultura debido a que el impacto ambiental sería menor (Flores Verdugo, 1989).

Efecto de la densidad.

El manejo de la densidad en estanques de cultivo es un aspecto fundamental debido a que guarda relación con: la velocidad de crecimiento, el factor de conversión de alimento, la talla final, la sobrevivencia y la producción dentro de la capacidad de carga natural o artificialmente imperante en el cuerpo de agua en cuestión.

Edwards (1977) llevó a cabo experimentos de campo con juveniles de P. vannamei en encierros en el sistema lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa. Encontró que el crecimiento depende de la densidad y las características del sustrato. Abitia Cárdenas et al. (1985) realizaron un experimento de crecimiento de P. vannamei confinados

en corrales en la laguna Caimanero, Sinaloa, a tres diferentes densidades (5, 7 y 10 organismos/m²), mencionan que a menor densidad se alcanzaron los máximos de crecimiento en peso. Arambula Rodríguez et al. (1986) llevaron a cabo un estudio de crecimiento de camarón blanco (P. vannamei) en jaulas en el estero El Sábalo, Sinaloa, manejando altas densidades (100, 150 y 200 organismos/m²). Sus resultados indican que la mayor tasa de crecimiento promedio fue en la jaula con densidad mayor. Entre algunos trabajos previos realizados en estanques de engorda considerando el manejo de densidades, se cuentan los siguientes. Bassanesi Poli (1987) al analizar un cultivo de P. vannamei en estanques rústicos en San Blas, Nayarit, llegó a concluir que la velocidad de crecimiento fue más alta en los estanques con menor número de individuos.

En un estudio de Allan y Maguire (1992) al evaluar el efecto de la densidad sobre la producción de P. monodon, indican que el promedio individual de ganancia de peso se redujo significativamente con el incremento en la densidad, mientras que hubo un incremento de la tasa de conversión de alimento y de la biomasa final. Al respecto, se ha observado una relación directa de la producción con la densidad de siembra, esto es, al aumentar la densidad aumenta el rendimiento (Juárez y Chávez, 1976).

Wyban et al. (1987) al realizar un experimento de cultivo de P. vannamei en 3 estanques rústicos de 200 m² a cuatro diferentes

densidades (5, 10, 15 y 20 camarones/m²) concluyen que hubo una correlación negativa entre la densidad y el crecimiento, mientras que no hubo diferencias significativas en la sobrevivencia promedio entre las diferentes densidades. Wyban et al. (1989) recomiendan trabajar con siembras de alrededor de 75 juveniles/m² de camarón azul (P. stylirostris) para evitar el efecto negativo de la densidad sobre la velocidad de crecimiento y por tanto alcanzar más rápidamente tallas grandes.

Crecimiento.

El crecimiento individual puede considerarse como el incremento de peso o longitud corporal en función del tiempo. Depende, entre otros factores, del sexo, la talla, de condiciones ambientales tales como la temperatura, la salinidad, oxígeno disuelto, alimento y la densidad de población (Wootton, 1990).

Los camarones peneidos presenta patrones discontinuos de crecimiento (García, 1988), sin embargo tomando en cuenta el alto número de mudas por año, es posible considerarlo como un proceso continuo y puede describirse en forma adecuada mediante el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Dall et al. 1990).

Chapa Saldaña y Soto López (1969), Chávez (1973) y Blake y Menz (1980) han realizado trabajos sobre aspectos poblacionales del camarón blanco y azul en las costas y lagunas del Pacífico Mexicano. Choy (1987) al evaluar las curvas de crecimiento

derivadas de la ecuación de Bertalanffy para cultivos de P. canaliculatus, encontró que las tasas de crecimiento fueron mayores en hembras que en machos.

Parámetros físico-químicos.

Al analizar la ecofisiología de los organismos marinos Newell (1976) menciona la estrecha dependencia de los procesos biológicos con la temperatura, especialmente con la tasa metabólica. Kinne (1971) señala que la tasa de crecimiento de los crustáceos varía con la edad, estado fisiológico y condiciones ambientales.

Spotte (1979) menciona que un buen manejo de los estanques incluye el mantener cerca de la saturación el nivel de oxígeno disuelto en cualquier temperatura y salinidad, debido a que éstos son los factores que tienen un marcado efecto en la solubilidad del oxígeno, así como la tasa de respiración microbiana tiene un importante efecto en el abatimiento de oxígeno disuelto. Se debe de realizar la aereación si la concentración de oxígeno es menor al 15% del valor de saturación.

Al establecer la valoración crítica de la influencia de las condiciones del medio ambiente, se contribuye a racionalizar las prácticas de cultivo de los camarones, toda vez que el objetivo principal, es obtener alto rendimiento y baja mortalidad natural (Panikkar, 1967).

Jung y Co (1988) establecen algunas relaciones entre el crecimiento de Penaeus spp con temperatura, salinidad y profundidad en condiciones de cultivo intensivo. Consideran los intervalos de temperatura de 26 a 30°C, salinidad de 15 a 25‰ y profundidad de 80 a 100 cm, como óptimos para el desarrollo de los organismos.

Preez et al. (1992) al estudiar el efecto de la alimentación a diferentes salinidades en relación al consumo de oxígeno de P. monodon, bajo condiciones controladas de laboratorio, detectaron un incremento en el consumo de oxígeno asociado al periodo nocturno y al momento de la alimentación. Por lo que es de esperar la existencia de una relación entre altos niveles de oxígeno con mejores rendimientos en estanques.

Chakraborti et al. (1986) analizaron el crecimiento de P. monodon en estanques de cultivo experimentales en la bahía Hooghly, India, bajo diferentes condiciones ambientales tales como salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, alcalinidad, profundidad y productividad primaria. En sus resultados describen rendimientos entre 250 y 329.3 kg/ha para 105 días de cultivo, con oscilación de tasas de crecimiento entre 39.6 y 41 mm/mes.

Leber y Pruder (1988) realizaron experimentos con P. vannamei cultivado en estanques de plástico bajo condiciones de laboratorio en Waimanato, Hawaii, utilizando agua clara de mar y de estanque. Al relacionar el crecimiento con la calidad de agua, encontraron

que hubo un mejor crecimiento de camarón en el agua de los estanques.

Pretto Malca (1984) denota que en el manejo de la etapa de engorda la calidad de agua es quizá la más importante. Yoong Basurto y Reynoso Naranjo (1984) realizaron una investigación sobre el crecimiento de P. vannamei en un estanque rústico. Relacionaron el ritmo de crecimiento con los parámetros abióticos observando la dependencia existente entre ambos aspectos.

Morales Acosta et al. (1990), trabajando en dos estanques rústicos discuten el crecimiento de camarón blanco (P. vannamei) en relación a variables de calidad de agua. Al obtener tasas de crecimiento bajas, ellos concluyeron que la temperatura y la salinidad no correspondieron a los intervalos recomendados.

Cruz Suárez (1988) apunta que P. vannamei y P. stylirostris tienen un gran potencial de crecimiento. Bajo condiciones controladas de laboratorio, los valores para el óptimo desarrollo de estas especies son, temperatura de 26-28°C, oxígeno disuelto no menor de 3 ppm y NH₃ no mayor de 0.10 ppm. Martínez Córdova (1987) realizó un cultivo de camarón azul (P. stylirostris) en corrales flotantes en el estero La Cruz, Bahía Kino, Son.; al relacionar los parámetros físico-químicos (T°C, S°/∞, OD) y biológicos (crecimiento, sobrevivencia, biomasa) encontró que la temperatura es el factor que tiene una relación mas significativa con el crecimiento de camarón, y que la sobrevivencia se relaciona con los niveles de oxígeno disuelto.

AREA DE ESTUDIO

En el municipio de Guasave existe un predominio de suelos Castañozem, su orografía está formada por amplias llanuras; por su colindancia al oeste con el golfo de California presenta playas, marismas y esteros pantanosos. En cuanto al régimen climatológico, el municipio manifiesta un clima desértico caluroso, el registro promedio anual de temperatura ambiental es de 24.3°C , evaporación total promedio en el año de 1521.44 mm y precipitación media de 428.6 mm, los vientos predominantes se desplazan en dirección suroeste. La zona se clasifica, según García (1973), como BW(h')w(é), rigiendo la isoterma de 24°C y la isoyeta de 300-400, siendo el clima muy seco y cálido, con temperatura media anual mayor de 22°C , y con época de lluvias en verano.

La granja acuícola El Yaqui, perteneciente a la Sociedad Productora de Especies Acuáticas se localiza en el municipio de Guasave, al costado noroeste de San José de la Brecha, en el margen izquierdo del río Sinaloa, rumbo a playa Buenavista, su ubicación geográfica es de $25^{\circ} 17'$ latitud N y $108^{\circ} 07'$ longitud W (Fig. 1 y 1a). El régimen de cultivo con que opera la granja es de tipo semi-intensivo. Cuenta con una extensión de 54.7 ha de espejo de agua distribuidas en once estanques rústicos.

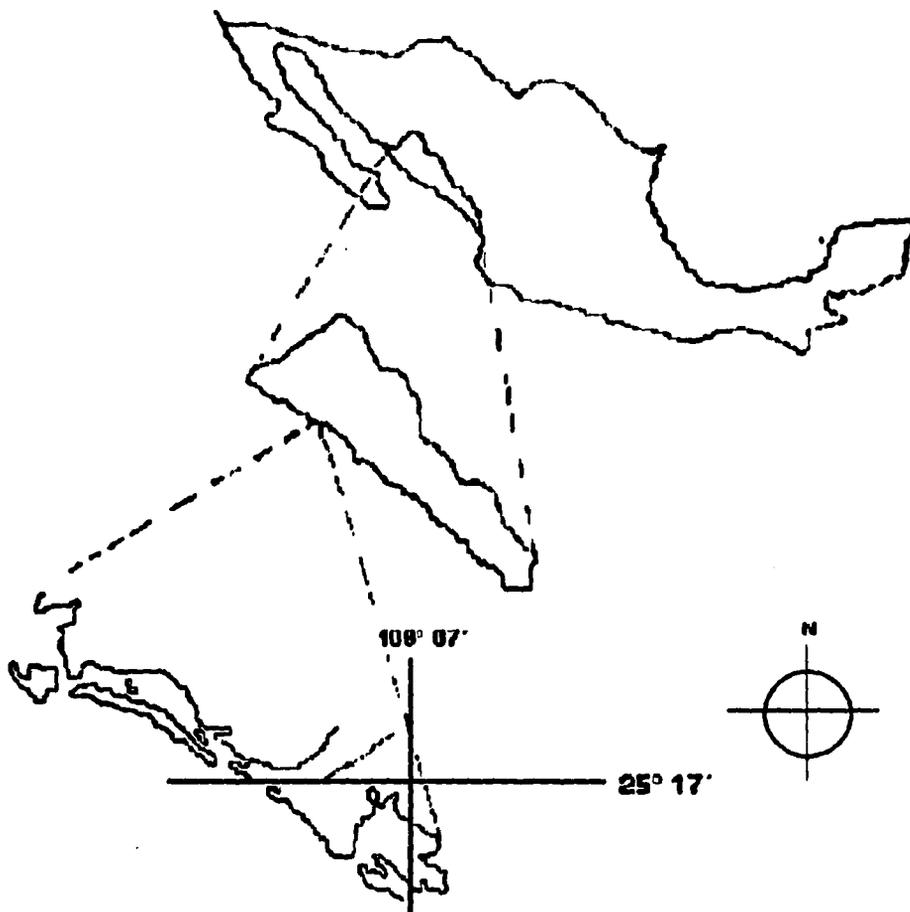


Fig. 1. Macrolocalización de la granja El Yaqui.

FALLA DE ORIGEN

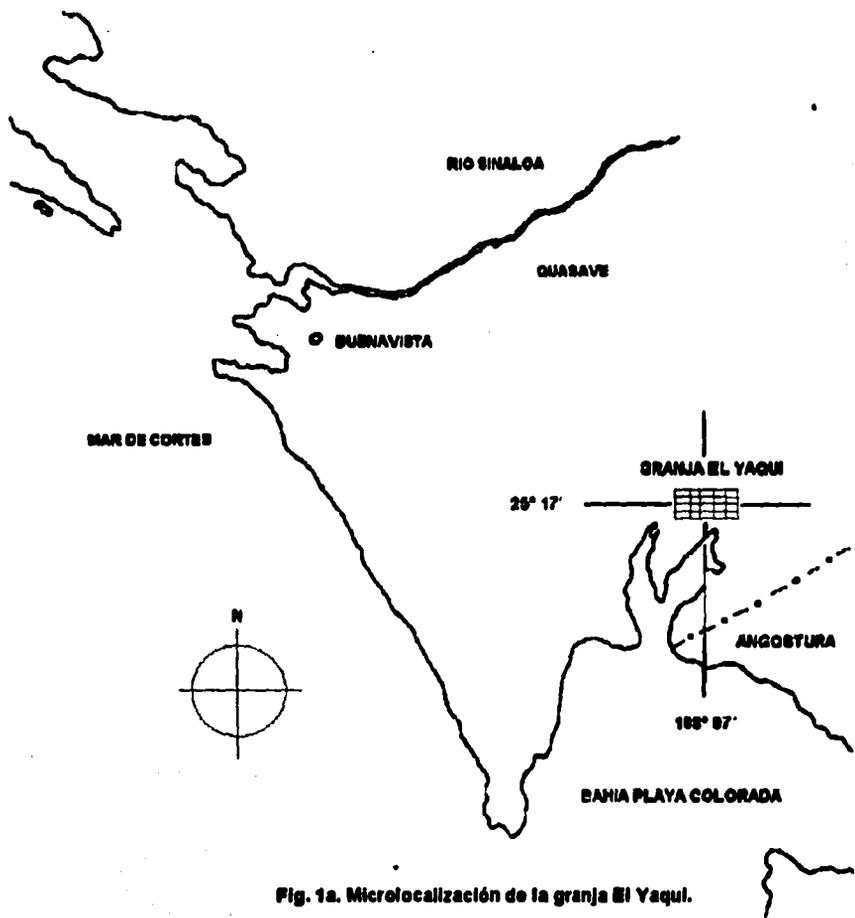


Fig. 1a. Microlocalización de la granja El Yaqui.

HIPOTESIS

- La tasa de crecimiento es mayor a menor densidad de siembra.
- La tasa de sobrevivencia es mayor a menor densidad de siembra.
- El rendimiento es mas alto a mayor densidad de siembra.
- El factor de conversión es mas bajo a menor densidad de siembra.

OBJETIVOS

General

Establecer la relación entre densidad de siembra con el crecimiento, sobrevivencia y producción de camarón blanco (Penaeus vannamei).

Particulares

1. Evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre:
 - a). La tasa de crecimiento individual en peso.
 - b). La sobrevivencia.
 - c). La biomasa total y rendimiento.
 - d). La tasa de conversión del alimento.
2. Describir las curvas de crecimiento.
3. Estimar la relación entre el crecimiento de camarón blanco con algunos parámetros de calidad de agua (T°C, S°/oo, O₂, pH y turbidez).

METODOLOGIA

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la granja El Yaqui. Se trabajaron cuatro estanques rústicos de un área aproximada de cinco hectáreas de superficie cada uno, los cuales fueron enumerados convencionalmente como E1, E2, E3 y E4.

El intercambio diario de agua fue del 15 al 20%, manteniéndose una profundidad de la columna de agua de aproximadamente 80 cm. Se aplicó fertilización inorgánica aproximadamente cada 30 días durante el ciclo de cultivo. El alimento utilizado fue Aqualine con 35% de proteína, la dosis diaria fue de acuerdo a la tabla de porcentaje de Purina.

El estudio comprendió dos ciclos de cultivo, el primero de noviembre de 1993 a marzo de 1994, en época otoño-invierno, y el segundo de junio a agosto de 1994, en periodo primavera-verano. En el primer cultivo las densidades fueron de 47.2, 41.8, 52.8 y 37.0 organismos/m², correspondientes a los estanques 1 al 4; y en el segundo ciclo fueron de 22.0, 17.0, 18.0 y 14.0 organismos/m², para los estanques 1 al 4, respectivamente. Los organismos sembrados provenían del medio natural.

Para el registro de los parámetros físico-químicos se realizaron muestreos semanales. La determinación de los puntos críticos de temperatura y oxígeno disuelto se hizo mediante dos muestreos de 24 hr. El oxígeno disuelto y la temperatura se registraron dos veces diarias, a las 6 a.m. y la 1 p.m., mediante un oxímetro de campo YSI modelo 51B, calibrado semanalmente por el método de agua saturada. La salinidad se obtuvo con un salinómetro de campo con precisión de ± 1.0 ‰ (Aqua fauna). Para las lecturas de pH se

utilizó un potenciómetro con aproximación de ± 0.1 (Corning), y las de turbidez se obtuvieron con el uso de un disco de Secchi de 30 cm de diámetro acoplado a un estadal graduado (Boyd, 1989).

La determinación del crecimiento se realizó semanalmente, muestreándose cada estanque con una atarraya de $\frac{1}{4}$ de pulgada de luz de malla y de 6 m² de área, tomando al azar una muestra de 70 camarones por estanque, pesándose en conjunto para determinar el peso promedio individual en una balanza de 3610 g de capacidad (Ohaus), provista de perilla de regulación, con precisión de ± 1.0 g. La tasa de crecimiento en peso se estimó por el método de regresión lineal simple: $W_t = a + b (t)$

dónde: W_t = peso promedio al tiempo t , t = tiempo, a = ordenada al origen y b = pendiente. La pendiente representa la tasa de crecimiento expresada en gramos por semana (g/semana).

Para estimar la relación del crecimiento con los parámetros de calidad de agua se generó una matriz de correlación y se aplicó un análisis de regresión lineal múltiple por pasos entre las tasas de crecimiento y los parámetros fisicoquímicos (Zar, 1974). Previamente los datos de crecimiento fueron normalizados por transformación logarítmica (Lester y Pante, 1992).

La tasa de sobrevivencia se determinó al momento de la cosecha, restando la población final a la población inicial de cada estanque. La biomasa se registró como el total de kilogramos por estanque y el rendimiento se obtuvo al ponderar la biomasa total respecto al número de hectáreas de cada estanque (Allan y Maguire, 1992).

La tasa de conversión para el alimento suministrado se estimó como la cantidad de alimento aplicado, dividida entre el peso del camarón cultivado (Boyd, 1989).

Para la descripción de las curvas de crecimiento en peso se buscó el mejor ajuste comparando los modelos lineal, de von Bertalanffy y por función polinomial (Dall et al. 1990). Para la determinación de las constantes del modelo lineal se empleó el método de regresión lineal simple, para el de von Bertalanffy se usaron los métodos de Ford-Walford (W_{∞} y k) y Gulland-Holt (t_0), y para el polinomial se aplicó el de regresión múltiple (Zar, 1974). Los criterios de mejor ajuste que se siguieron fueron la comparación del error cuadrático medio, del error porcentual absoluto medio (Roff, 1983) y del coeficiente de correlación (Zar, 1974).

Luego de establecer que los datos muestreados cumplieran con las condiciones de normalidad y homogeneidad de varianzas, de acuerdo a las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y de Bartlett, se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANDEVA) para establecer la diferencia de las medias entre estanques y entre ciclos de cultivo (Zar, 1974).

Los datos fueron procesados mediante el uso de las hojas electrónicas de cálculo Quattro Pro 3.01 y Excel 5.0, empleando dos computadoras personales, una Acer de 640 Kb y otra de 4 Mb de memoria RAM.

RESULTADOS

PRIMER CICLO DE CULTIVO

Parámetros físico-químicos.

Ciclo de 24 horas.

Mediante los dos muestreos en los que se registró la variación de oxígeno disuelto (OD) y temperatura del agua, se observó que los valores mínimos para el oxígeno disuelto fueron de alrededor de las 5-6 de la mañana y los máximos a la 1-2 de la tarde (Fig. 2).

Temperatura del agua.

Los valores máximos variaron entre 25.5 y 28.0°C, y los mínimos entre 15.5 y 19.0°C (Tabla 1). La diferencia entre la temperatura máxima y la mínima fue de 12.5°C. La temperatura promedio de la mañana fue de alrededor de $19.11 \pm 1.32^{\circ}\text{C}$, y la de la tarde de cerca de $22.10 \pm 1.23^{\circ}\text{C}$. Se observó una tendencia descendente de la temperatura a lo largo del ciclo de cultivo (Fig. 3).

Al aplicar la prueba de ANDEVA se determinó que hubo diferencias significativas entre los valores de temperatura de la mañana y los de la tarde ($F=49.209 > F_{0.05(1), 1, 11}=3.94$); en todos los casos los valores de temperatura de la tarde fueron consistentemente mayores.

Oxígeno disuelto.

Los valores registrados por la mañana variaron de 3.2 a 6.3 mg/l, mientras que por la tarde varió de 3.2 a 10.6 mg/l. La diferencia entre el mínimo y el máximo de OD fue de 7.4 mg/l. El valor promedio de la mañana de los cuatro estanques fue de 5.05 ± 0.51 mg/l y el de la tarde de 7.84 ± 0.72 mg/l. La concentración de OD tendió a incrementarse hacia finales del ciclo de cultivo (Tabla 2, fig. 4). Las diferencias entre los valores de la mañana y los de la tarde de los cuatro estanques fueron significativas ($F=171.129 > F_{0.05(1),1,113}=3.94$).

Se obtuvo una correlación negativa entre la temperatura del agua y el oxígeno disuelto de los cuatro estanques ($r=-0.591$ $P < 0.05$).

Salinidad.

Los registros máximos se observaron en la novena semana, correspondiente al mes de enero de 1994, con valores de entre 38 y 39.0 ‰, en tanto que los valores mínimos, de entre 30.0 y 31.5 ‰, se presentaron en las primeras tres semanas, las cuales corresponden al mes de noviembre de 1993 (Tabla 3). La diferencia máxima se estimó en 9.0 ‰; el promedio en los cuatro estanques fue de alrededor de 34.0 ± 1.22 ‰; la salinidad tendió a aumentar a partir de la cuarta semana hasta alcanzar los 35.0-36.0 ‰ (Fig. 5). Las diferencias de salinidad entre los cuatro estanques fueron no significativas ($F=0.011 < F_{0.05(1),3,56}=2.79$).

Turbidez.

El valor mínimo y máximo fue de 29.0 y 60.0 cm, respectivamente, lo cual representa un intervalo de variación de 31.0 cm. Los valores máximos se presentaron entre el 6 de enero y el 8 de febrero de 1994 (Tabla 4, fig. 6). No hubo diferencias significativas de los valores de turbidez entre estanques ($F=0.264 < F_{0.05(1),3,56}=2.79$).

Los valores promedios (cm) que se obtuvieron fueron:

Estanque	1	2	3	4
Turbidez	40.40 ± 5.12	40.47 ± 3.35	39.07 ± 2.83	38.93 ± 1.91

pH.

Las lecturas obtenidas con el potenciómetro muestran un valor mínimo de 6.5 y un máximo de 8.6, con lo cual se establece una diferencia máxima de 2.1. Los valores mínimos en los estanques 1, 2 y 3 se presentaron entre la séptima y la novena semana, correspondientes al 30 de diciembre de 1993 y al 13 de enero de 1994; en el estanque 4 el pH se mantuvo mas o menos estable y cercano al valor de 8 a lo largo de todo el ciclo (Fig. 7). De acuerdo al resultado del análisis de varianza se determinó que hubo diferencias significativas entre los estanques ($F=4.501 > F_{0.05(1),3,56}=2.79$). El promedio mayor se presentó en el estanque 4 con un valor de 8.23 ± 0.14 y el menor en el estanque 2 con un valor de 7.83 ± 0.24 (Tabla 5).

Tasa de crecimiento.

La densidad de siembra en este ciclo de engorda fue de 47.2, 41.8, 52.8 y 37.0 organismos/m², correspondientes a los estanques 1 al 4 (Tabla 6). A partir de los muestreos de crecimiento se estimó que el peso promedio inicial varió de 0.98 a 1.95 g y el peso final de 10.1 a 11.01 g (Tabla 7), en tanto que las tasas de crecimiento calculadas por el método de regresión lineal fueron 0.69, 0.71, 0.68 y 0.70 g/semana, para los estanques 1 al 4, respectivamente (Tabla 8).

Descripción de las curvas de crecimiento.

Al comparar el ajuste de las curvas de crecimiento por los tres modelos propuestos (Tablas 8 a 10, fig. 8 a 10), se estableció que el modelo polinomial fue el mejor, debido a que arrojó consistentemente valores menores del error cuadrático y del error porcentual absoluto medio, así como mayor coeficiente de correlación (Tabla 11, fig. 11).

Sobrevivencia poblacional.

Los valores estimados fueron 40.3, 37.8, 21.4 y 40.3 % para los estanques 1 al 4, respectivamente. La sobrevivencia menor se presentó en el estanque 3, el cual fue sembrado con la densidad de siembra mas alta (Tabla 12, fig. 12).

Biomasa y rendimiento.

La producción obtenida varió de 6 151 a 11 194 kg, dando un rendimiento de 1 230 a 2 382 kg/ha (Tabla 12). Observando la figura 12 se colige que en el estanque 3 se presentaron los más bajos valores tanto de rendimiento como de biomasa, lo cual está asociado a la sobrevivencia anteriormente mencionada. En tanto que el rendimiento más alto correspondió al estanque 1.

Tasa de conversión de alimento.

El valor estimado de este factor varió de un mínimo de 1.3:1 a un máximo de 3.0:1; el valor medio fue de 1.9:1. La tasa de conversión de alimento mayor correspondió al estanque 3 (Tabla 12, figura 12).

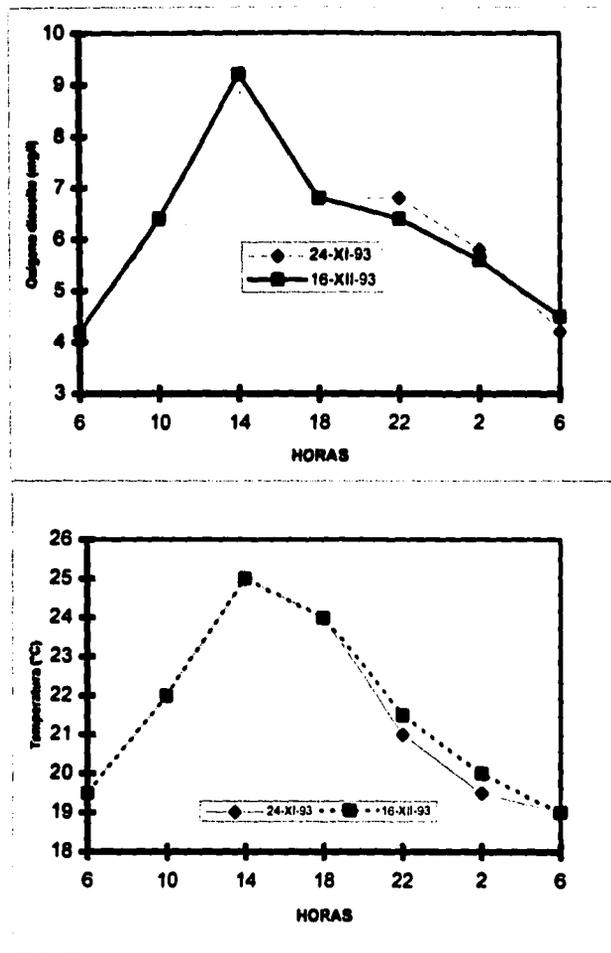


Fig. 2. Variaciones diurnas de oxígeno disuelto y de temperatura.

Tabla 1. Valores semanales de temperatura (°C) del primer ciclo.

FECHA	SEMANA	E1		E2		E3		E4	
		a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.
07-NOV-93	1	25.50	28.00	25.00	28.00	25.50	28.00	25.50	28.00
14-NOV-93	2	23.50	25.50	22.50	25.50	23.50	25.00	23.00	25.00
22-NOV-93	3	20.00	24.00	20.00	24.00	20.00	24.00	20.00	24.00
02-DIC-93	4	19.50	22.50	19.50	22.50	20.00	22.50	20.00	22.50
09-DIC-93	5	19.00	21.50	19.00	21.50	19.00	21.50	19.00	21.50
16-DIC-93	6	19.50	22.00	19.50	22.00	19.50	22.00	19.50	22.00
30-DIC-93	7	17.50	20.50	17.50	20.00	17.50	20.50	17.50	20.00
06-ENE-94	8	19.00	22.00	18.50	22.00	19.00	21.50	19.00	21.50
13-ENE-94	9	17.00	19.00	17.00	19.00	17.00	19.00	17.00	19.00
29-ENE-94	10	18.50	21.00	18.50	21.00	18.50	21.00	18.50	21.00
08-FEB-94	11	15.50	19.50	16.00	19.50	16.00	19.50	16.00	19.50
15-FEB-94	12	17.00	21.00	17.00	21.00	17.00	21.00	16.50	21.00
22-FEB-94	13	18.00	22.00	18.50	22.00	18.50	22.00	18.50	22.00
01-MAR-94	14	17.00	21.00	17.00	20.50	16.50	20.50	18.00	21.00
06-MAR-94	15	19.50	23.00	19.50	23.00	20.00	23.00	20.00	23.00
	MINIMO	15.50	19.00	16.00	19.00	16.00	19.00	16.00	19.00
	MAXIMO	25.50	28.00	25.00	28.00	25.50	28.00	25.50	28.00
	PROMEDIO	19.07	22.17	19.00	22.10	19.17	22.07	19.20	22.07
	D. E.	2.48	2.22	2.22	2.27	2.47	2.20	2.37	2.21

(D.E. = desviación estándar)

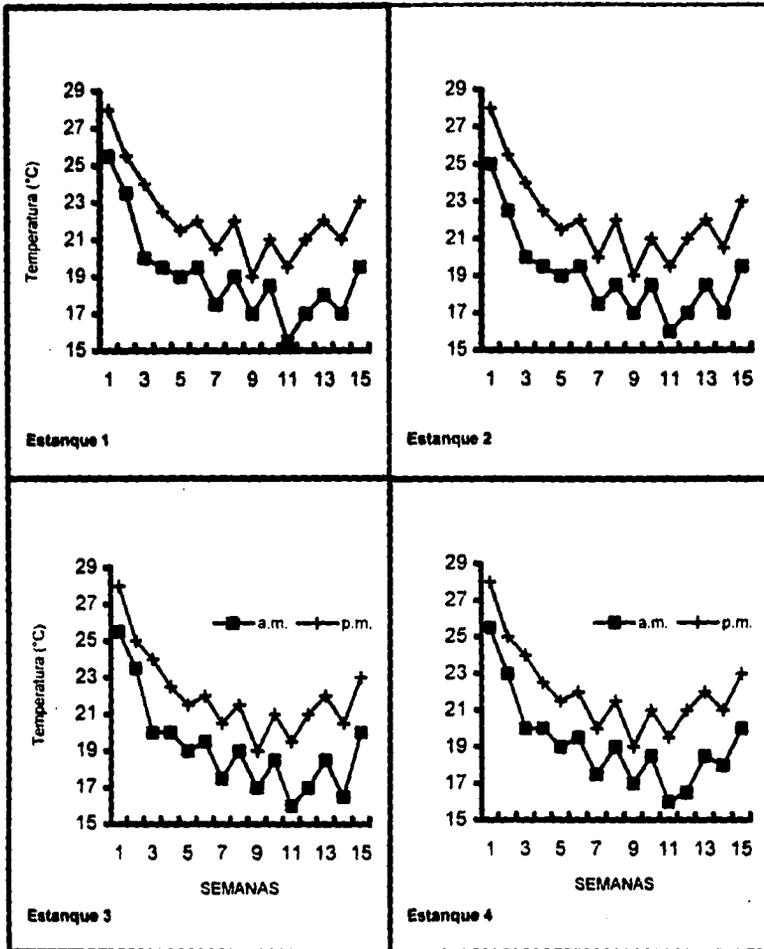
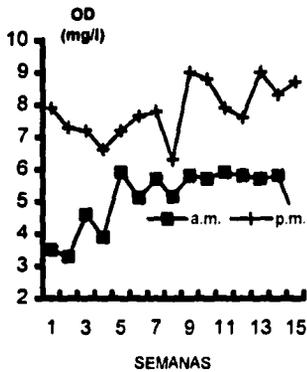


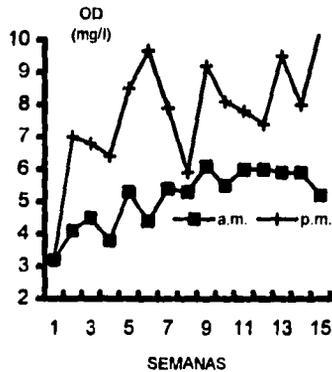
Fig. 3. Temperatura del agua por estanque.

Tabla 2. Valores semanales de oxígeno disuelto (mg/l) del primer ciclo.

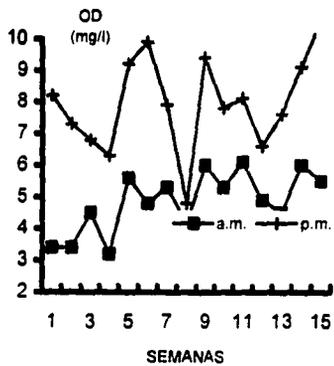
FECHA	SEMANA	E1		E2		E3		E4	
		a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.
07-NOV-93	1	3.50	7.90	3.20	3.20	3.40	8.20	3.20	8.60
14-NOV-93	2	3.30	7.30	4.10	7.00	3.40	7.30	4.00	7.50
22-NOV-93	3	4.60	7.20	4.50	6.80	4.50	6.80	4.80	6.90
02-DIC-93	4	3.90	6.60	3.80	6.40	3.20	6.30	3.40	6.50
09-DIC-93	5	5.90	7.20	5.30	8.50	5.60	9.20	5.70	8.60
16-DIC-93	6	5.12	7.65	4.40	9.65	4.80	9.90	4.20	8.00
30-DIC-93	7	5.70	7.80	5.40	7.90	5.30	7.90	5.80	8.40
06-ENE-94	8	5.16	6.30	5.30	5.90	4.20	4.80	5.40	5.40
13-ENE-94	9	5.80	9.00	6.10	9.20	6.00	9.40	5.70	8.50
29-ENE-94	10	5.70	8.80	5.50	8.10	5.30	7.80	5.60	6.80
08-FEB-94	11	5.90	7.90	6.00	7.80	6.10	8.10	5.70	7.90
15-FEB-94	12	5.80	7.60	6.00	7.40	4.90	6.60	6.00	6.40
22-FEB-94	13	5.70	9.00	5.90	9.50	4.50	7.60	6.00	8.50
01-MAR-94	14	5.80	8.30	5.90	8.00	6.00	9.10	6.30	9.00
08-MAR-94	15	4.40	8.70	5.20	10.40	5.50	10.60	5.56	10.60
	MINIMO	3.30	6.30	3.20	3.20	3.20	4.80	3.20	5.40
	MAXIMO	5.90	9.00	6.10	10.40	6.10	10.60	6.30	10.60
	PROMEDIO	5.09	7.82	5.11	7.72	4.35	7.97	5.16	7.84
	D. E.	0.89	0.80	0.87	1.71	0.94	1.47	0.96	1.24



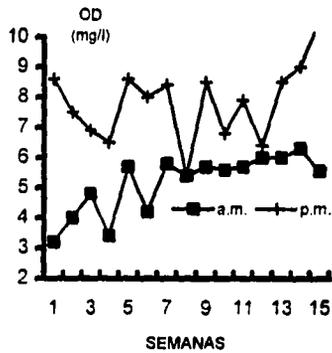
Estanque 1



Estanque 2



Estanque 3



Estanque 4

Fig. 4. Oxígeno disuelto por estanque.

FALLA DE ORIGEN

Tabla 3. Valores semanales de salinidad (‰) del primer ciclo.

FECHA	SEMANA	E1	E2	E3	E4
07-NOV-93	1	30.00	31.00	31.00	31.50
14-NOV-93	2	30.00	30.00	30.00	30.00
22-NOV-93	3	30.00	30.00	31.00	31.50
02-DIC-93	4	32.00	32.00	33.00	33.00
09-DIC-93	5	35.00	35.00	35.00	35.00
16-DIC-93	6	35.00	35.00	35.00	35.00
30-DIC-93	7	35.00	35.00	35.00	35.00
06-ENE-94	8	35.00	35.00	36.00	36.00
13-ENE-94	9	39.00	38.00	38.00	38.00
29-ENE-94	10	34.00	34.00	34.00	34.00
08-FEB-94	11	34.00	34.00	35.00	36.00
15-FEB-94	12	36.00	36.00	35.00	35.00
22-FEB-94	13	35.00	36.00	36.00	36.00
01-MAR-94	14	35.00	35.00	35.00	35.00
08-MAR-94	15	35.00	35.00	36.00	35.00
MINIMO		30.00	30.00	30.00	30.00
MAXIMO		39.00	38.00	38.00	38.00
PROMEDIO		34.00	34.07	34.33	34.40
D. E.		2.42	2.24	2.12	2.02

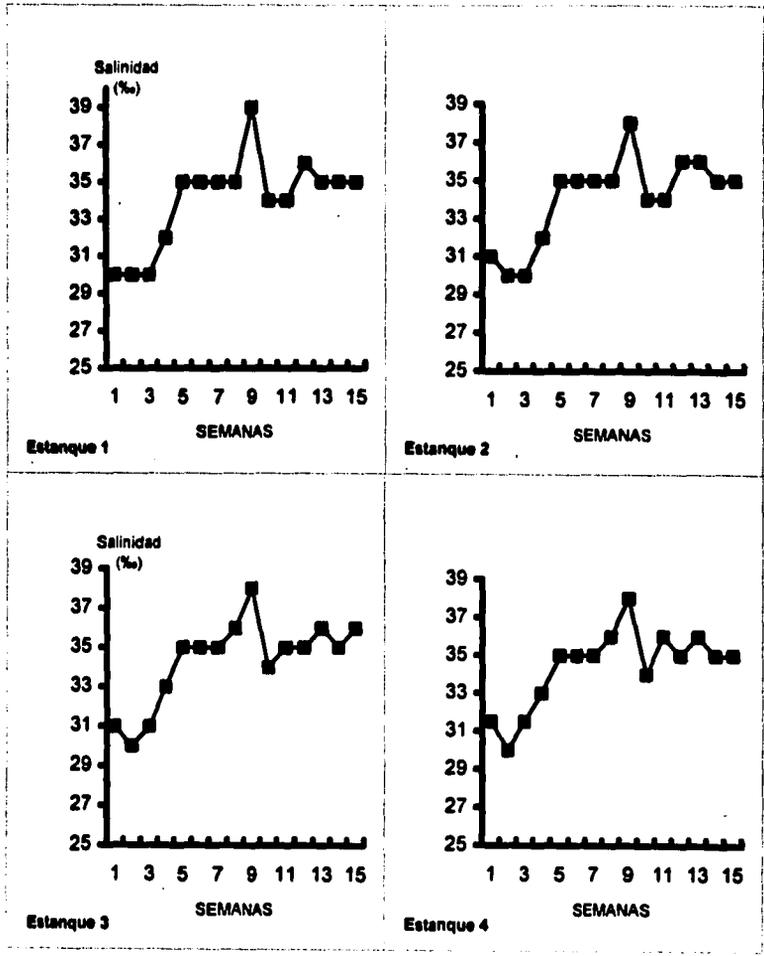


Fig. 5. Salinidad por estanque.

FALLA DE ORIGEN

Tabla 4. Valores semanales de turbidez (cm) del primer ciclo.

FECHA	SEMANA	E1	E2	E3	E4
07-NOV-93	1	34.00	35.00	35.00	36.00
14-NOV-93	2	35.00	34.00	35.00	36.00
22-NOV-93	3	35.00	35.00	35.00	36.00
02-DIC-93	4	35.00	35.00	37.00	36.00
09-DIC-93	5	35.00	37.00	38.00	35.00
16-DIC-93	6	38.00	38.00	39.00	41.00
30-DIC-93	7	40.00	40.00	44.00	43.00
06-ENE-94	8	60.00	50.00	55.00	45.00
13-ENE-94	9	55.00	50.00	40.00	39.00
29-ENE-94	10	55.00	55.00	40.00	35.00
08-FEB-94	11	50.00	38.00	40.00	38.00
15-FEB-94	12	35.00	40.00	35.00	45.00
22-FEB-94	13	29.00	40.00	33.00	43.00
01-MAR-94	14	35.00	40.00	40.00	38.00
08-MAR-94	15	35.00	40.00	40.00	38.00

MINIMO	29.00	34.00	33.00	35.00
MAXIMO	60.00	55.00	55.00	45.00
PROMEDIO	40.40	40.47	39.07	38.93
D. E.	9.25	6.05	5.11	3.45

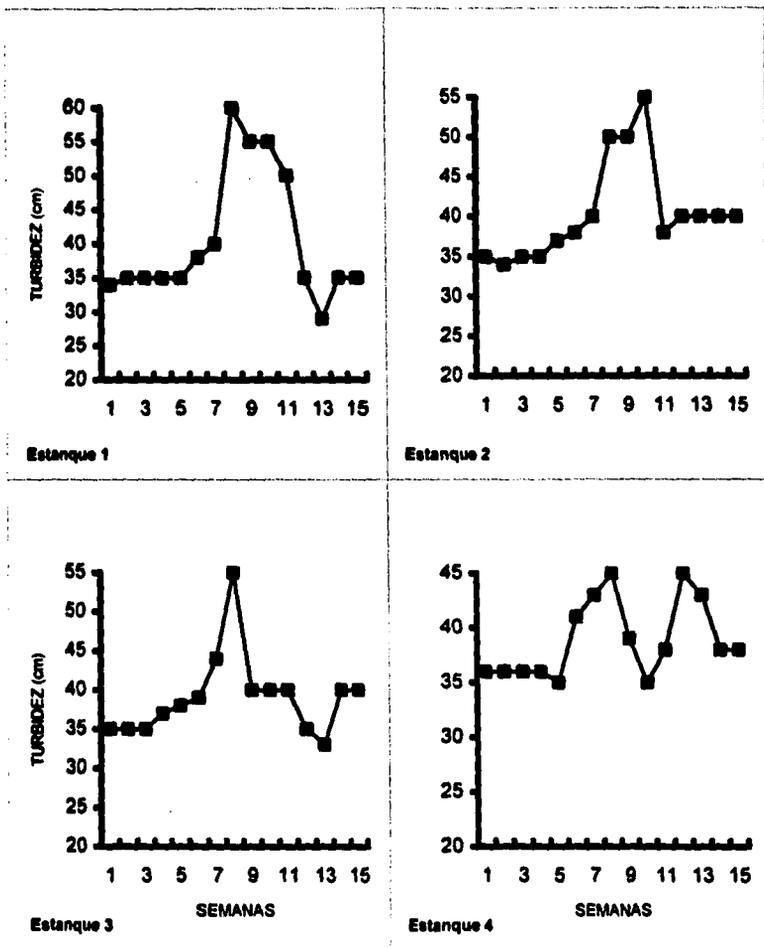


Fig. 6. Turbidez por estanque.

Tabla 5. Valores semanales de pH del primer ciclo.					
FECHA	SEMANA	E1	E2	E3	E4
07-NOV-93	1	7.30	7.60	8.30	8.50
14-NOV-93	2	7.10	7.50	8.10	8.40
22-NOV-93	3	8.30	7.50	7.60	8.10
02-DIC-93	4	8.40	8.10	8.40	8.60
09-DIC-93	5	8.50	7.60	8.40	8.20
16-DIC-93	6	8.10	8.40	8.50	8.10
30-DIC-93	7	6.50	8.20	8.50	8.10
06-ENE-94	8	8.00	7.10	7.80	8.50
13-ENE-94	9	8.30	7.00	7.00	7.90
29-ENE-94	8	7.80	7.70	8.10	8.50
08-FEB-94	9	8.60	8.10	8.30	7.90
15-FEB-94	10	7.00	7.30	7.90	8.40
22-FEB-94	11	8.50	7.80	7.80	8.40
01-MAR-94	12	8.20	7.10	7.50	7.80
08-MAR-94	13	8.20	7.10	7.60	8.00
	MINIMO	6.50	7.00	7.00	7.80
	MAXIMO	8.60	8.40	8.50	8.60
	PROMEDIO	7.92	7.61	7.99	8.23
	D. E.	0.62	0.43	0.42	0.25

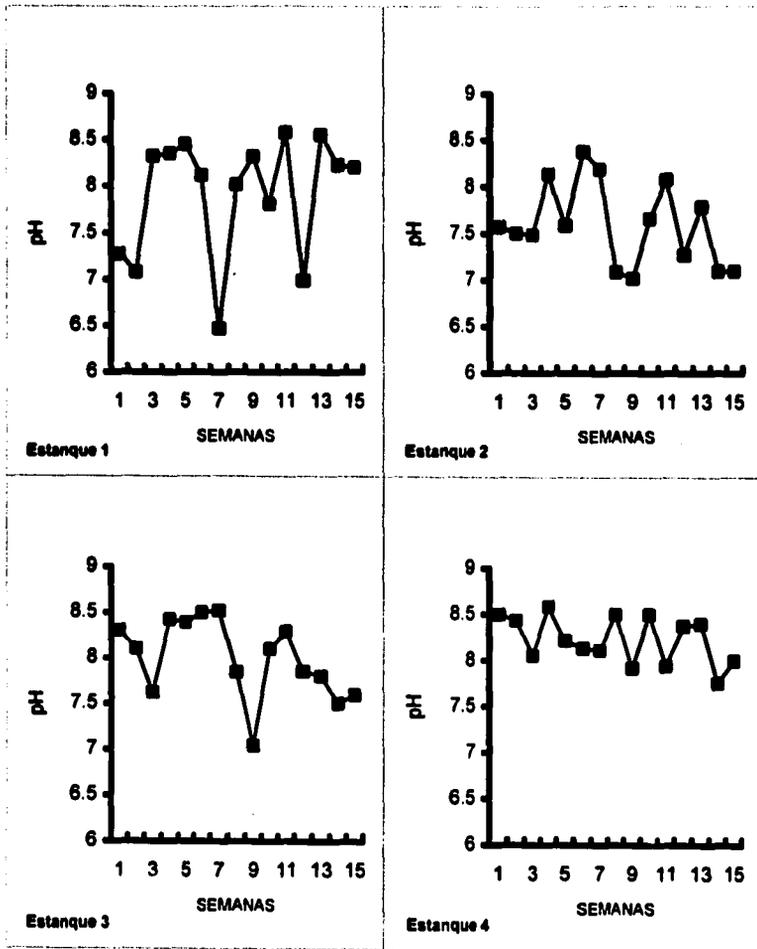


Fig. 7. pH por estanque.

Tabla 6. Datos de siembra del primer ciclo. (No org= número de organismos).				
	Fecha	Area ha	No org	Densidad org/m ²
(E1)	24/sep/93	4.7	2219692	47.2
(E2)	25/sep/93	5.0	2092376	41.8
(E3)	26/sep/93	5.0	2639824	52.8
(E4)	28/sep/93	5.0	1850590	37.0

Tabla 7. Peso medio del camarón blanco (<u>P. vannamei</u>) del primer ciclo.						
FECHA	SEMANA	E1	E2	E3	E4	
07-NOV-93	1	1.31	1.82	0.98	1.95	
14-NOV-93	2	2.38	1.97	1.54	1.82	
22-NOV-93	3	2.47	1.98	1.73	2.81	
02-DIC-93	4	3.17	3.88	2.37	3.01	
09-DIC-93	5	3.38	4.20	3.66	4.58	
16-DIC-93	6	3.42	5.03	3.98	3.46	
30-DIC-93	7	4.28	5.09	4.20	3.62	
06-ENE-94	8	4.83	5.22	4.49	5.08	
13-ENE-94	9	6.36	6.40	5.20	6.86	
29-ENE-94	10	6.90	6.90	5.21	6.85	
08-FEB-94	11	7.27	7.12	7.20	7.96	
15-FEB-94	12	8.93	10.09	8.45	9.79	
22-FEB-94	13	10.11	10.29	9.31	9.86	
01-MAR-94	14	10.18	11.01	10.10	10.36	

Tabla 8. Ecuaciones de crecimiento y tasas de crecimiento semanal en gramos por semana (g/semana) del primer ciclo.

Ecuación ajustada	Tasa de crecimiento
(E1) $Wt = 0.178132 + 0.69 (t)$ $r = 0.980 *$	0.69 g/semana
(E2) $Wt = 0.438462 + 0.71 (t)$ $r = 0.974 *$	0.71 g/semana
(E3) $Wt = -0.2231 + 0.68 (t)$ $r = 0.954 *$	0.68 g/semana
(E4) $Wt = 0.326264 + 0.70 (t)$ $r = 0.967 *$	0.70 g/semana

(* significativo al 95%).

Tabla 9. Ecuaciones ajustadas del modelo de von Bertalanffy del primer ciclo.

(E1) $Wt = 18.81 (1 - e^{-0.086 (t - 4.734)})^3$	$r = 0.976 *$
(E2) $Wt = 26.86 (1 - e^{-0.062 (t - 6.521)})^3$	$r = 0.953 *$
(E3) $Wt = 27.09 (1 - e^{-0.066 (t - 5.253)})^3$	$r = 0.981 *$
(E4) $Wt = 16.93 (1 - e^{-0.096 (t - 4.355)})^3$	$r = 0.952 *$

(* significativo al 95%).

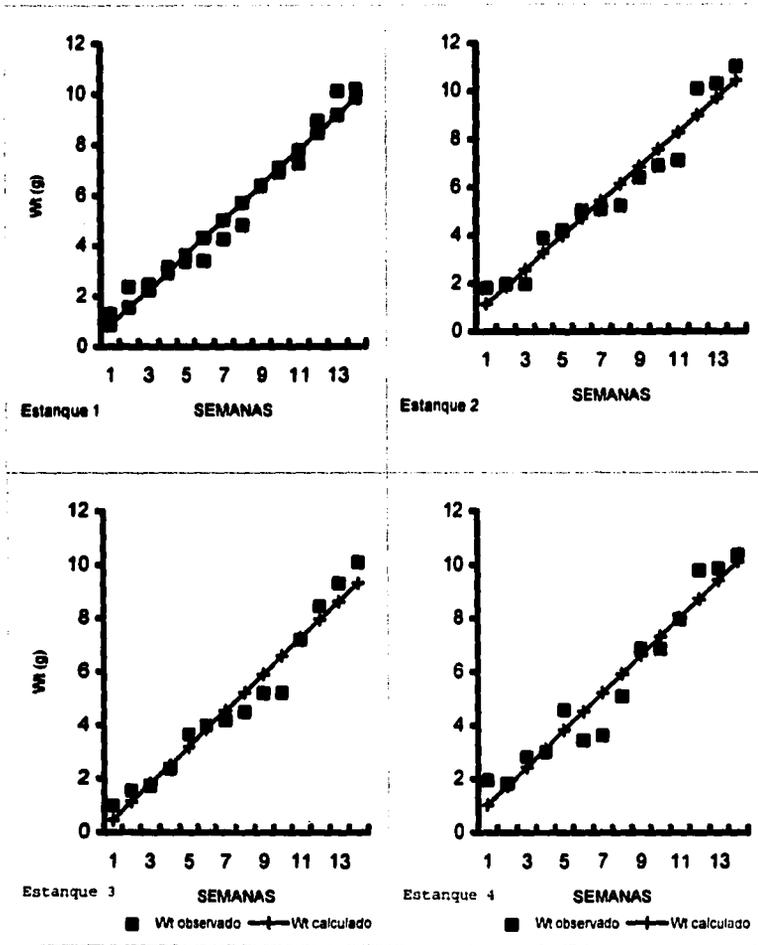
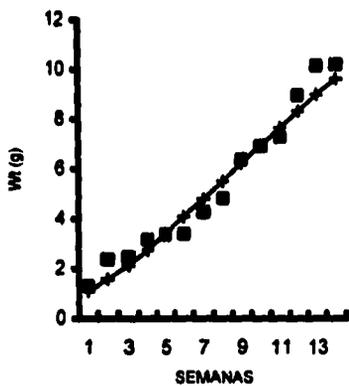
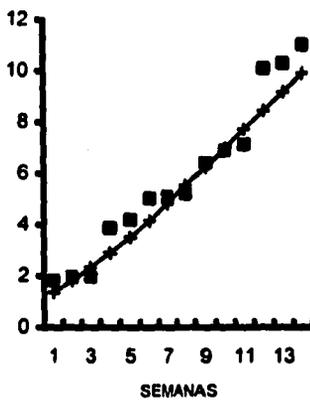


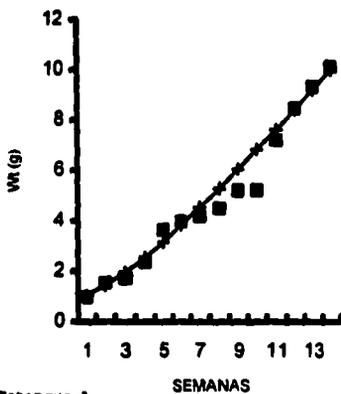
Fig. 8. Curvas de crecimiento de *P. vannamei* por estanque ajustadas por el modelo lineal.



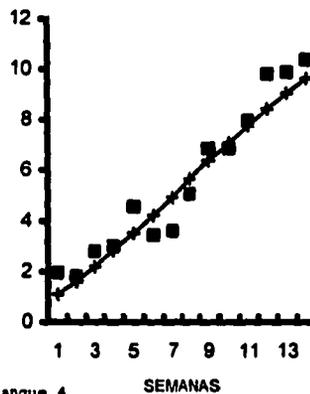
Estanque 1



Estanque 2



Estanque 3



Estanque 4

■ W_t OBSERVADO — W_t CALCULADO

■ W_t OBSERVADO — W_t CALCULADO

Fig. 9. Curvas de crecimiento de *P. vannamei* por estanque ajustadas por el modelo de von Bertalanffy.

Tabla 10. Ecuaciones ajustada del modelo polinomial del primer ciclo.

(E1) $Wt = -0.103 + 1.878(t) - 0.465(t^2) + 0.057(t^3) - 0.003(t^4) + 3.3E-05(t^5)$

$r = 0.995 *$

(E2) $Wt = 4.145 - 3.821(t) + 1.844(t^2) - 0.317(t^3) + 0.024(t^4) - 6.3E-04(t^5)$

$r = 0.991 *$

(E3) $Wt = 2.498 - 2.505(t) + 1.324(t^2) - 0.235(t^3) + 0.018(t^4) - 4.9E-04(t^5)$

$r = 0.996 *$

(E4) $Wt = 1.423 + 0.213(t) + 0.178(t^2) - 0.050(t^3) + 0.005(t^4) - 1.9E-04(t^5)$

$r = 0.985 *$

(* significativo al 95%).

Tabla 11. Valores de error cuadrático medio (ECM), error porcentual absoluto medio (EPAM) y coeficiente de correlación (r) del primer ciclo (ML = modelo lineal, MVB= modelo von Bertalanffy, MP = modelo polinomial).

	ECM			EPAM			r		
	ML	MVB	MP	ML	MVB	MP	ML	MVB	MP
(E1)	0.33	0.31	0.07	13.0	11.0	4.5	0.98	0.98	0.99
(E2)	0.44	0.59	0.15	12.7	12.1	7.0	0.97	0.95	0.99
(E3)	0.36	0.33	0.07	13.8	9.3	6.7	0.95	0.98	0.99
(E4)	0.55	0.61	0.25	14.8	15.7	9.2	0.97	0.95	0.99

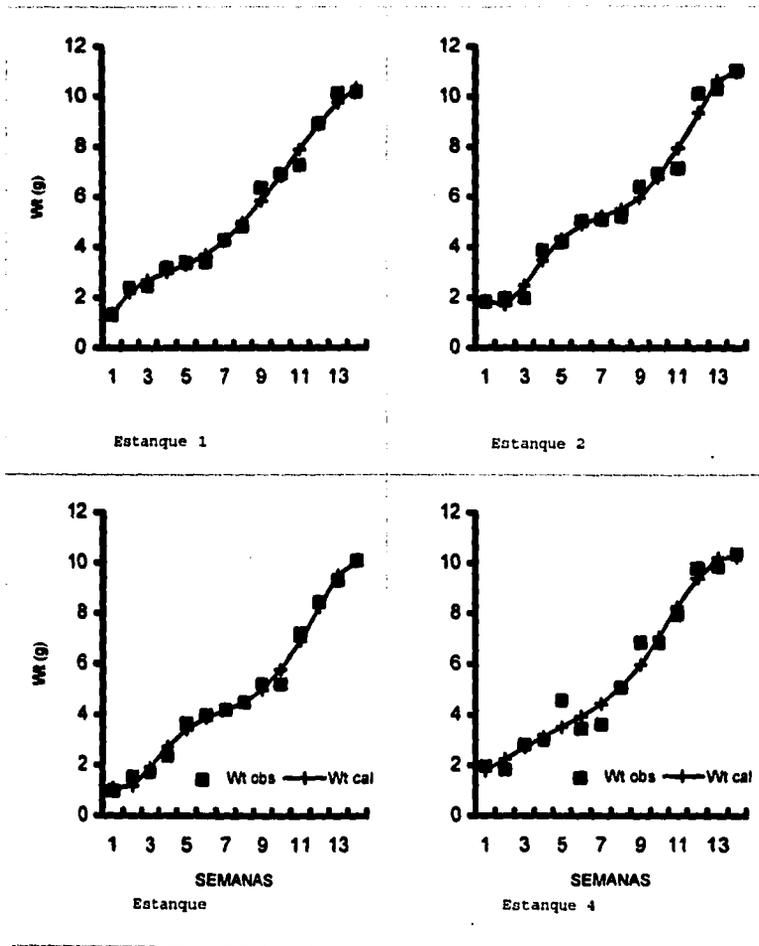


Fig. 10. Curvas de crecimiento de *P. vannaei* por estanque ajustadas por el modelo polinomial.

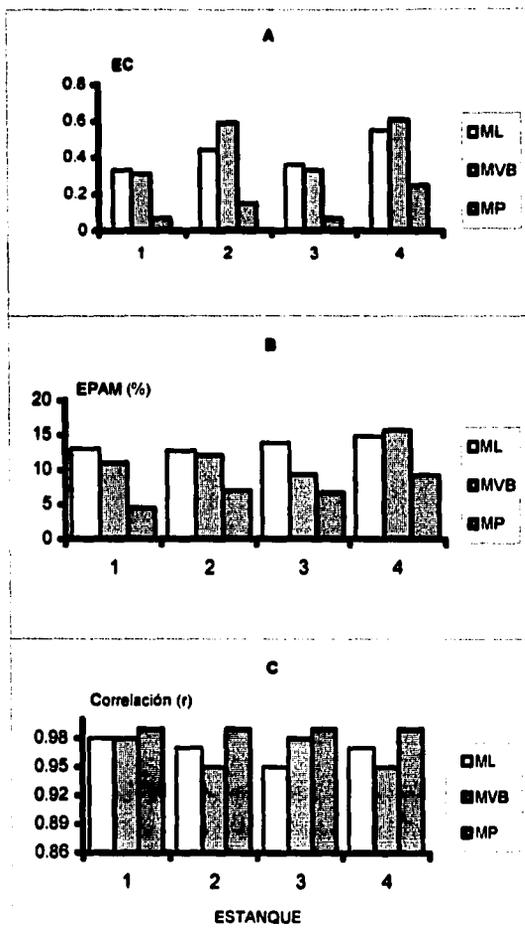


Fig. 11. Error cuadrático (A), error porcentual absoluto medio (B) y coeficiente de correlación (C).

Tabla 12. Datos de cosecha del primer ciclo: Biomasa, peso promedio (Wt p), número de organismos (No org), cantidad de alimento suministrado (CAS), sobrevivencia (Sob), rendimiento (Rend) y tasa de conversión de alimento (TCA).

	Biomasa	Wt p	No org	CAS	Sob	Rend	TCA
	kg	g		kg	%	kg/ha	
(E1)	11194.0	12.5	895520	14033.3	40.3	2382.0	1.3
(E2)	9723.0	12.3	790488	16120.6	37.8	1945.0	1.7
(E3)	6151.0	10.9	564312	18381.2	21.4	1230.0	3.0
(E4)	8436.0	11.3	746549	13438.3	40.3	1687.0	1.6

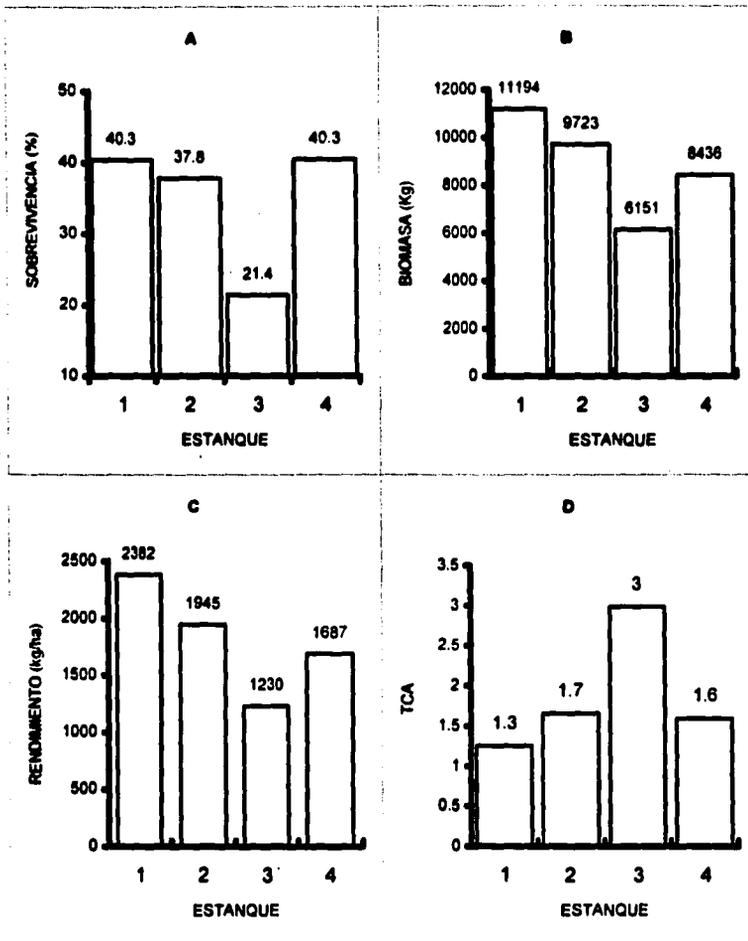


Fig. 12. Sobrevivencia (A), biomasa (B), rendimiento (C) y tasa de conversión de alimento (D) por estanque.

SEGUNDO CICLO DE CULTIVO

Parámetros fisicoquímicos.

Temperatura del agua.

En los cuatro estanques los valores máximos variaron entre 30.0 y 33.0°C, y los mínimos de 25.0 a 28.5°C. La diferencia entre la temperatura máxima y la mínima fue de 8.0°C. La temperatura promedio de la mañana fue de 28.14 ± 0.99 °C, y la de la tarde de 31.03 ± 0.64 °C. Se observó una tendencia ascendente a lo largo del periodo de cultivo (Tabla 13, fig. 13). Se determinó que hubo diferencias entre los valores de temperatura de la mañana y los de la tarde ($F=104.561 > F_{0.05(1),1,94}=3.95$).

Los promedios de temperatura tanto matutinos como vespertinos fueron mayores, respecto al primer ciclo, en todos los estanques de cultivo ($F=46.216 > F_{0.05(1),1,214}=3.89$).

Oxígeno disuelto.

Los valores registrados por la mañana variaron de 2.1 a 5.5 mg/l y los vespertinos de 4.6 a 9.0 mg/l (Tabla 14), de ahí que el intervalo de variación fue de 6.9 mg/l. El valor promedio por la mañana fue de 3.64 ± 0.47 mg/l, en tanto que el de la tarde correspondió a 7.39 ± 0.42 mg/l. La concentración de oxígeno se mantuvo más o menos estable durante este ciclo de cultivo (Fig. 14). Las diferencias observadas indican que los niveles de la

mañana fueron significativamente menores a los de la tarde en los cuatro estanques ($F=608.927 > F_{0.05(1),1,94}=3.95$).

Al comparar con los datos del primer ciclo se obtuvo como resultado que hubo diferencias significativas en los valores de oxígeno disuelto ($F=12.531 > F_{0.05(1),1,214}=3.89$). Los promedios menores correspondieron al segundo ciclo.

Salinidad.

El valor máximo (39.0 ‰) se registró en el estanque 1 en junio de 1994, y el mínimo (33.0 ‰) se presentó en el mismo mes pero en el estanque 3, y en junio y julio en el estanque 4 (Tabla 15, fig. 15). La diferencia máxima correspondió a un valor de 13 partes por mil. Los promedios de salinidad por estanque se muestran a continuación:

Estanque	Salinidad (‰)
1	36.00 ± 0.82
2	35.88 ± 0.71
3	35.83 ± 0.68
4	34.29 ± 0.67

Estos valores fueron mayores respecto a la salinidad del agua de los estanques del primer ciclo ($F=12.152 > F_{0.05(1),1,106}=3.94$).

Turbidez.

El valor mínimo y máximo fue de 35.0 y 46.0 cm (Tabla 16) con un intervalo de variación de 11.0 cm. Los valores máximos se

registraron en general en el mes junio (Fig. 16). El valor medio fue de 38.04 ± 0.96 y 38.25 ± 0.83 cm en los estanques 1 y 2, mientras que en los estanques 3 y 4 fue de 43.9 ± 0.75 y 43.5 ± 1.59 cm.

Las diferencias entre ciclos en la turbidez no fueron estadísticamente significativas ante una ANDEVA de una vía ($F=0.277 < F_{0.05(1),1,106}=3.94$).

pH.

Los registros obtenidos consignan un valor mínimo de 8.0 y un máximo de 8.6, con lo cual se establece una diferencia máxima de 0.6; los estanques 1 y 3 (8.46, 8.48) presentaron promedios mayores que los estanques 2 y 4 (8.33, 8.29) (Tabla 17). El valor promedio para los cuatro estanques se estimó en 8.39 ± 0.12 . La variación de pH a lo largo del ciclo se observa en la figura 17. Al comparar los valores de pH entre ciclos se observó una diferencia significativa ($F=34.237 > F_{0.05(1),1,106}=3.94$), resultando ser mas altos los promedios del segundo ciclo.

Tasa de crecimiento.

Se realizaron 12 muestreos de crecimiento en cada uno de los cuatro estanques cuya densidad de siembra fue de 22.0, 17.0, 18.0 y 14.0 organismos/m² (Tabla 18).

El peso promedio inicial varió de 1.8 a 3.0 g y el peso final de 12.0 a 14.05 g (Tabla 19). Las tasas de crecimiento calculadas resultaron ser de 0.91, 1.10, 0.90 y 1.03 g/semana, para los estanques 1 al 4, respectivamente (Tabla 20).

El ritmo de crecimiento en este ciclo fue significativamente mayor respecto al anterior ($F=35.29 > F_{0.05(1),1,6}=5.99$).

Descripción de las curvas de crecimiento.

Luego de realizar el ajuste de las curvas de crecimiento y en base al análisis de los criterios considerados, se concluye que el modelo polinomial fue el mejor, debido a que arrojó consistentemente valores menores del error cuadrático y del error porcentual absoluto medio, así como mayor coeficiente de correlación (Tablas 20-23, fig. 18-21). Los resultados del ajuste del crecimiento de este ciclo guardan similitud con los obtenidos en el primer cultivo.

Sobrevivencia poblacional.

Los porcentajes estimados fueron 73.5, 81.4, 69.1 y 87.1 para los estanques del 1 al 4, respectivamente (Tabla 24). La sobrevivencia mayor correspondió al estanque con menor densidad de siembra.

Al comparar ambos ciclos pudo establecerse que hubo diferencias significativas, siendo mayor la sobrevivencia en el segundo cultivo ($F=49.724 > F_{0.05(1),1,6}=8.81$).

Biomasa y rendimiento.

La producción obtenida varió de un mínimo de 7 459 kg en el estanque 3 a un máximo de 9 196 kg en el estanque 1, y el rendimiento varió de 1 492 a 1 957 kg/ha.

En los datos de la tabla 24 y en las figuras 22 y 23 puede observarse que la producción y el rendimiento mas bajos se presentaron en el estanque 3 y los mayores en el estanque 1.

Al contrastar los resultados de los dos cultivos se estableció que no hubo diferencias en biomasa y rendimiento ($F=0.1817$ y $F=0.1563 < F_{0.05(1),1,6}=8.81$).

Tasa de conversión de alimento.

Los cálculos de la tasa de conversión variaron de un mínimo de 1.4:1 a un máximo de 2.1:1, con un valor medio de 1.8:1. La tasa mayor se presentó en el estanque 3 (Tabla 24, fig. 23).

Se estableció que no hubo diferencias entre los resultados de la tasa de conversión de alimento del primer y segundo periodo de cultivo ($F=0.964 < F_{0.05(1),1,6}=8.81$).

Relación con la densidad de siembra.

Se encontró una relación de tipo inversa entre la densidad y la tasa de crecimiento ($r = -0.932$ $P < 0.05$), y la sobrevivencia ($r = -0.972$ $P < 0.05$), esto es, a mayor densidad de obtuvo menor crecimiento y tasas de sobrevivencia mas bajas.

Sin embargo no se presentó una relación significativa respecto a la biomasa y rendimiento, ni con la tasa de conversión de alimento.

Relación entre crecimiento y calidad de agua.

Se encontró una correlación significativa entre la temperatura, el oxígeno disuelto y la salinidad con la tasa de crecimiento (TC). Por otro lado, no hubo correlación significativa respecto a la turbidez y pH, como puede observarse en los siguientes resultados:

	Temperatura		Oxígeno disuelto		Salinidad	Turbidez	pH
	a.m.	p.m	a.m.	p.m			
TC	0.921*	0.937*	-0.897*	-0.903*	0.677*	0.165	0.606
(*P < 0.05)							

La relación fue de tipo directa o positiva con la temperatura y la salinidad, e inversa respecto al oxígeno disuelto.

Las tasas de crecimiento mayores se asocian con la época (segundo ciclo) en que la temperatura y la salinidad presentaron mas altos niveles. En contraste, el menor crecimiento se relaciona con el periodo (primer ciclo) de mayor concentración de oxígeno y con temperaturas mas bajas.

Al aplicar el método de regresión múltiple por pasos se encontró que la temperatura, el OD y la salinidad presentaron los coeficientes mas altos y con significancia estadística, mientras

que la turbidez y el pH fueron no significativos y por tanto se desecharon (Tabla 25).

El modelo explica el 82.55% de la variabilidad total. La prueba de significancia de la regresión por el método de análisis de varianza indica que la regresión es consistente ($P \gg 0.05$, $F=96.51$).

Tabla 13. Valores semanales de temperatura (°C) del segundo ciclo.

FECHA	SEMANA	E1		E2		E3		E4	
		a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.
04-JUN-94	1	26.50	29.50	25.00	29.00	26.00	30.00	25.50	31.40
11-JUN-94	2	27.50	30.30	25.50	28.50	25.00	29.00	25.50	29.90
18-JUN-94	3	28.00	30.30	26.00	31.00	25.50	29.00	25.00	31.00
25-JUN-94	4	28.00	30.00	27.00	31.00	27.00	31.00	26.00	31.00
02-JUL-94	5	27.50	30.10	28.00	31.00	28.00	31.00	28.00	31.50
09-JUL-94	6	28.00	31.00	28.50	31.50	28.50	31.50	28.00	30.90
16-JUL-94	7	29.00	32.50	29.50	32.00	29.50	31.00	29.50	32.00
23-JUL-94	8	29.50	32.00	29.50	31.00	29.50	31.20	29.50	31.90
30-JUL-94	9	29.50	30.00	29.00	30.50	29.00	30.50	30.00	32.00
06-AGO-94	10	29.50	31.30	29.50	31.00	29.50	31.00	29.50	32.20
13-AGO-94	11	28.50	30.00	30.00	33.00	30.00	32.50	29.50	31.20
20-AGO-94	12	30.00	32.00	29.00	33.00	29.00	32.20	30.00	33.00
	MINIMO	26.50	29.50	25.00	28.50	25.00	29.00	25.00	29.90
	MAXIMO	30.00	32.50	30.00	33.00	30.00	32.50	30.00	33.00
	PROMEDIO	28.46	30.75	28.04	31.04	28.04	30.83	28.00	31.50
	D. E.	1.01	0.94	1.66	1.28	1.66	1.04	1.88	0.76

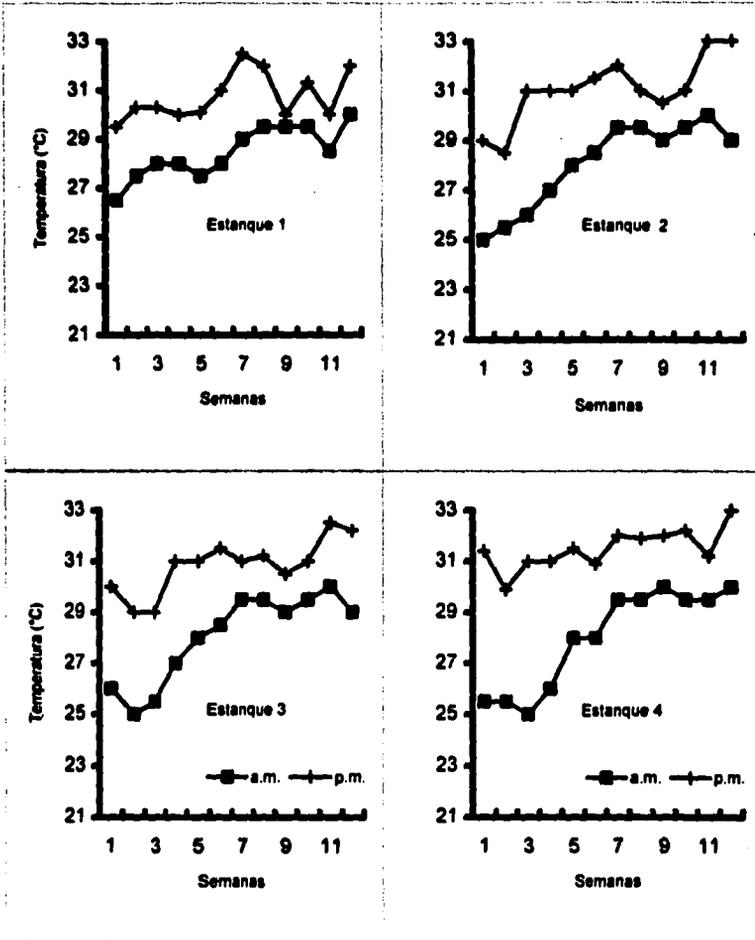


Fig. 13. Temperatura del agua por estanque del segundo ciclo de cultivo.

Tabla 14. Valores semanales de oxigeno disuelto (mg/l) del segundo ciclo.

FECHA	SEMANA	E1		E2		E3		E4	
		a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.	a.m.	p.m.
04-JUN-94	1	2.60	7.00	5.30	7.20	2.50	4.60	4.00	6.80
11-JUN-94	2	2.50	7.70	5.20	7.50	5.00	9.00	5.50	7.00
18-JUN-94	3	3.60	7.30	2.90	7.00	4.00	7.40	3.10	8.50
25-JUN-94	4	3.80	7.30	2.30	7.20	3.30	7.20	3.20	8.20
02-JUL-94	5	4.00	7.40	3.50	6.80	3.70	7.40	3.70	5.90
09-JUL-94	6	2.10	7.80	3.50	5.40	3.40	7.60	4.00	8.00
16-JUL-94	7	3.20	7.20	4.00	7.00	3.80	7.70	4.20	6.60
23-JUL-94	8	4.50	7.60	3.10	7.80	3.50	7.70	2.60	7.20
30-JUL-94	9	3.10	8.00	3.30	7.80	4.00	7.00	3.00	7.00
06-AGO-94	10	4.80	8.20	3.80	7.70	4.00	7.40	3.40	7.40
13-AGO-94	11	3.50	7.60	3.20	7.30	3.50	8.00	3.60	7.50
20-AGO-94	12	4.60	8.00	3.80	7.50	3.60	8.30	4.00	8.00
	MINIMO	2.10	7.00	2.30	5.40	2.50	4.60	2.60	5.90
	MAXIMO	4.80	8.20	5.30	7.80	5.00	9.00	5.50	8.50
	PROMEDIO	3.53	7.59	3.56	7.18	3.69	7.44	3.69	7.34
	D. E.	0.83	0.35	0.83	0.62	0.56	1.00	0.72	0.72

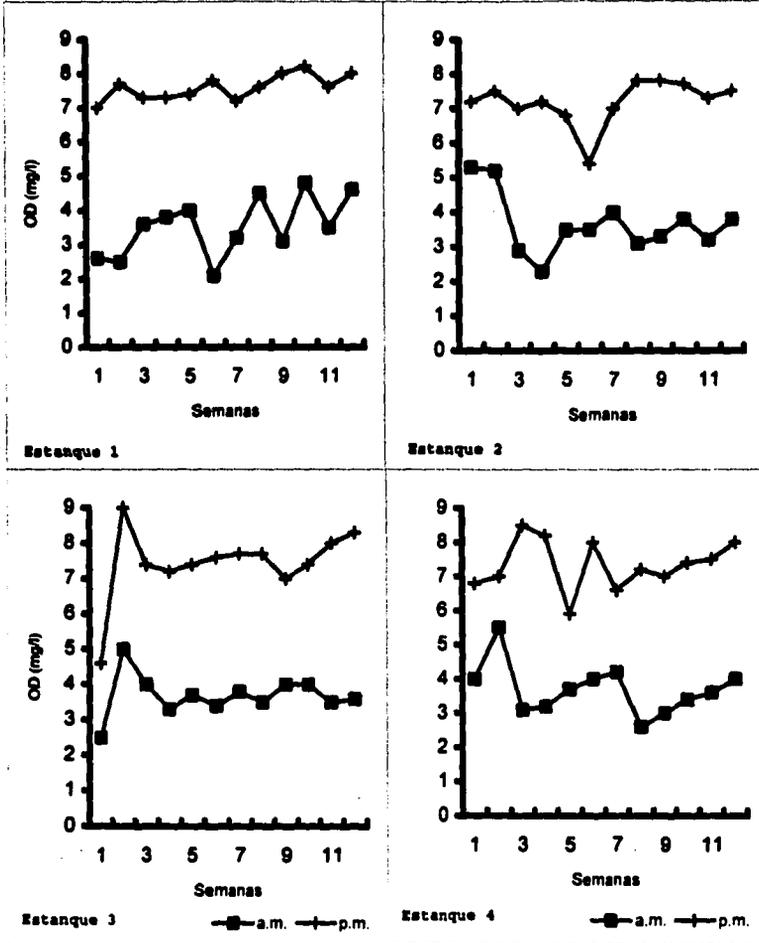


Fig. 14. Oxígeno disuelto por estanque del segundo ciclo de cultivo.

Tabla 15. Valores semanales de salinidad (‰) del segundo ciclo.

FECHA	SEMANA	E1	E2	E3	E4
04-JUN-94	1	36.00	36.00	35.00	35.50
11-JUN-94	2	36.00	36.00	36.00	35.00
18-JUN-94	3	36.00	35.00	33.00	35.00
25-JUN-94	4	35.00	35.00	36.00	33.00
02-JUL-94	5	34.00	36.00	36.00	34.00
09-JUL-94	6	36.00	36.00	36.00	36.00
16-JUL-94	7	34.00	34.00	35.00	33.00
23-JUL-94	8	36.00	34.00	36.00	34.00
30-JUL-94	9	39.00	37.00	36.00	33.00
06-AGO-94	10	36.00	37.50	37.00	33.00
13-AGO-94	11	37.00	37.00	37.00	35.00
20-AGO-94	12	37.00	37.00	37.00	35.00
	MINIMO	34.00	34.00	33.00	33.00
	MAXIMO	39.00	37.50	37.00	36.00
	PROMEDIO	36.00	35.88	35.83	34.29
	D. E.	1.29	1.12	1.07	1.05

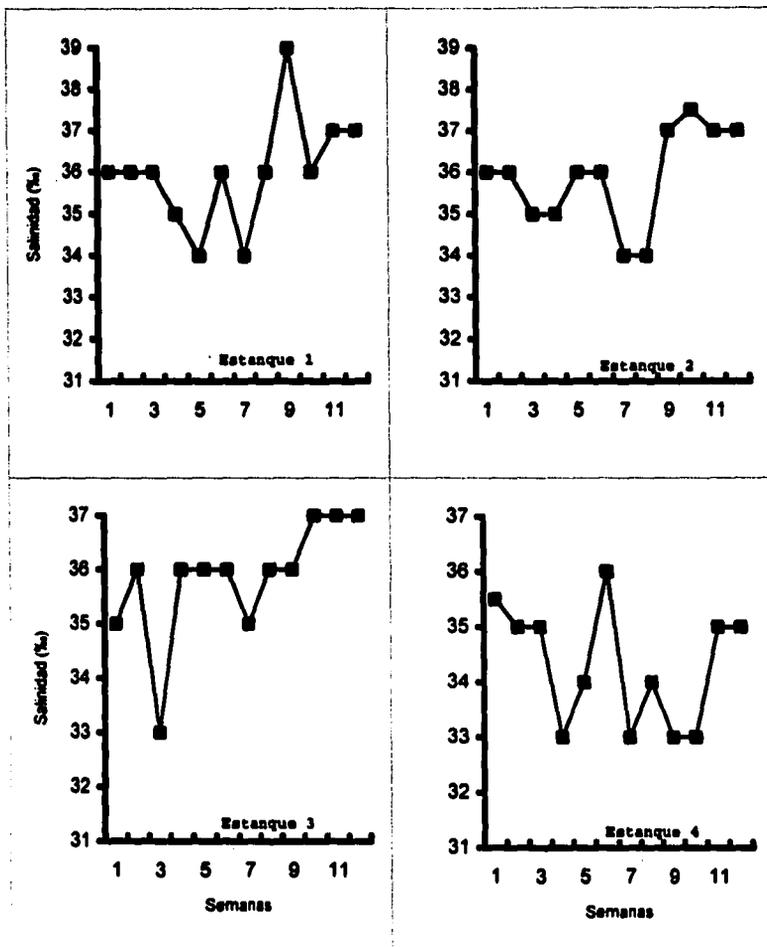


Fig. 15. Salinidad por estanque del segundo ciclo de cultivo.

Tabla 16. Valores semanales de turbidez (cm)
del segundo ciclo.

FECHA	SEMANA	E1	E2	E3	E4
04-JUN-94	1	40.00	40.00	45.00	45.00
11-JUN-94	2	38.00	40.00	44.00	45.00
18-JUN-94	3	38.00	39.00	44.00	45.00
25-JUN-94	4	39.00	39.00	45.00	46.00
02-JUL-94	5	39.00	38.00	45.00	46.00
09-JUL-94	6	39.00	36.00	46.00	46.00
16-JUL-94	7	39.00	38.00	43.00	41.00
23-JUL-94	8	38.00	38.00	43.00	40.00
30-JUL-94	9	39.00	39.00	44.00	41.00
06-AGO-94	10	37.50	39.00	44.00	41.00
13-AGO-94	11	35.00	36.00	42.00	40.00
20-AGO-94	12	35.00	37.00	42.00	46.00
	MINIMO	35.00	36.00	42.00	40.00
	MAXIMO	40.00	40.00	46.00	46.00
	PROMEDIO	38.04	38.25	43.92	43.50
	D. E.	1.51	1.30	1.19	2.50

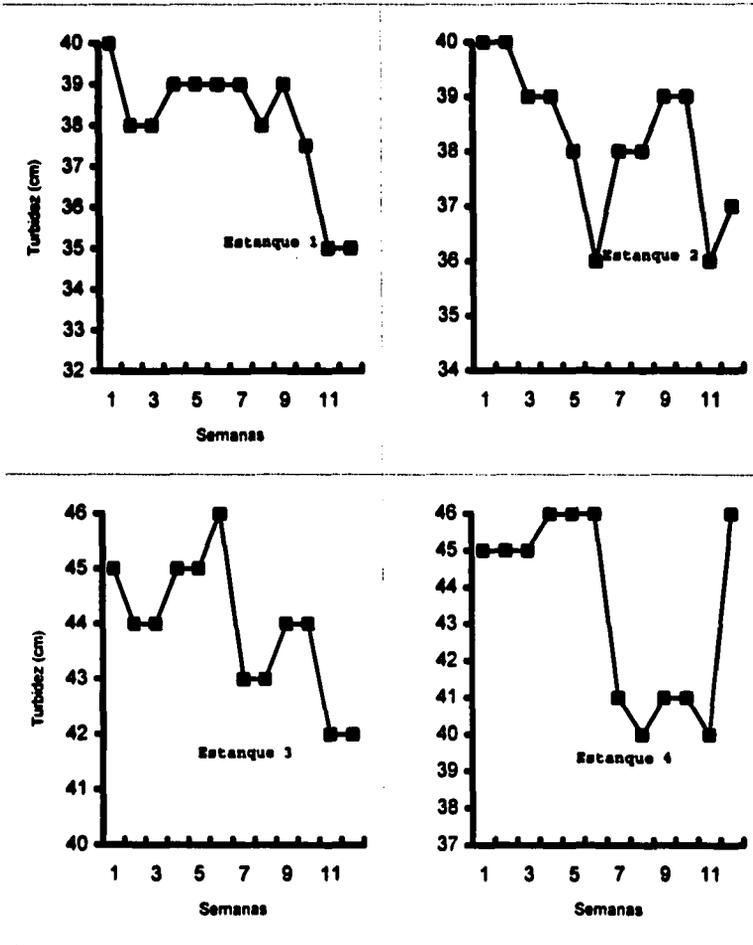


Fig. 16. Turbidez por estanque del segundo ciclo de cultivo.

Tabla 17. Valores semanales de pH del segundo ciclo.

FECHA	SEMANA	E1	E2	E3	E4
04-JUN-94	1	8.60	8.00	8.50	8.00
11-JUN-94	2	8.50	8.10	8.60	8.10
18-JUN-94	3	8.50	8.20	8.60	8.60
25-JUN-94	4	8.40	8.20	8.60	8.60
02-JUL-94	5	8.40	8.10	8.60	8.50
09-JUL-94	6	8.50	8.20	8.50	8.50
16-JUL-94	7	8.50	8.40	8.40	8.00
23-JUL-94	8	8.20	8.40	8.30	8.00
30-JUL-94	9	8.40	8.60	8.30	8.00
06-AGO-94	10	8.30	8.60	8.40	8.00
13-AGO-94	11	8.60	8.60	8.50	8.60
20-AGO-94	12	8.60	8.60	8.50	8.60
MINIMO		8.20	8.00	8.30	8.00
MAXIMO		8.60	8.60	8.60	8.60
PROMEDIO		8.46	8.33	8.48	8.29
D. E.		0.12	0.22	0.11	0.28

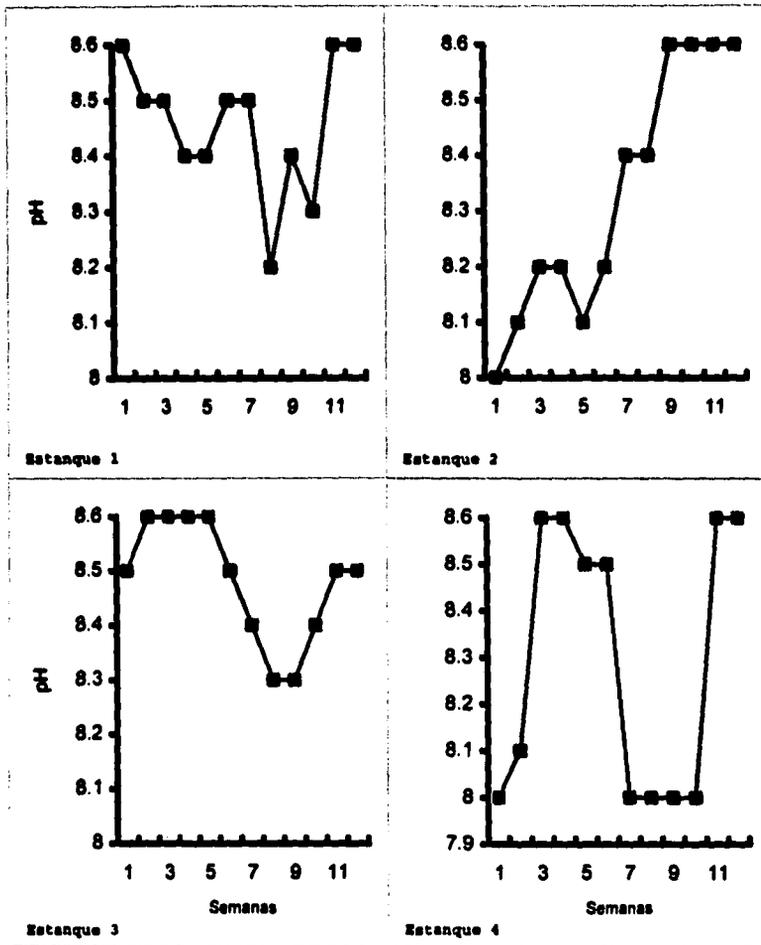


Fig. 17. pH por estanque del segundo ciclo de cultivo.

Tabla 18. Datos de siembra del segundo ciclo.
(No org = Número de organismos).

	Fecha	Area ha	No org	Densidad org/m ²
(E1)	07/mayo/1994	4.7	1034000	22.0
(E2)	07/mayo/1994	5.0	850000	17.0
(E3)	07/mayo/1994	5.0	900000	18.0
(E4)	07/mayo/1994	5.0	700000	14.0

Tabla 19. Peso medio del camarón blanco (<u>P. vannamei</u>) del segundo ciclo.					
FECHA	SEMANA	E1	E2	E3	E4
04-JUN-94	1	2.50	1.80	2.10	3.00
11-JUN-94	2	3.50	3.10	3.30	4.18
18-JUN-94	3	4.40	4.10	4.50	5.00
25-JUN-94	4	5.79	5.70	5.80	6.80
02-JUL-94	5	7.10	7.30	7.00	7.90
09-JUL-94	6	8.30	8.10	8.00	9.00
16-JUL-94	7	9.50	9.90	8.70	9.60
23-JUL-94	8	9.70	10.50	9.40	10.50
30-JUL-94	9	10.70	11.60	10.43	11.14
06-AGO-94	10	10.81	12.14	10.98	12.79
13-AGO-94	11	11.82	12.90	11.37	13.89
20-AGO-94	12	12.30	13.50	12.00	14.05

Tabla 20. Ecuaciones de crecimiento lineal y tasas de crecimiento semanal en g/semana del segundo ciclo.

	Ecuaciones ajustadas	Tasas de crecimiento
E1	Wt = 2.10091 + 0.91 r = 0.986*	0.91 g/semana
E2	Wt = 1.24849 + 1.10 r = 0.990*	1.10 g/semana
E3	Wt = 1.93606 + 0.90 r = 0.988*	0.90 g/semana
E4	Wt = 2.31546 + 1.03 r = 0.995*	1.03 g/semana

(* significativo al 95%)

Tabla 21. Ecuaciones ajustadas del modelo de von Bertalanffy del segundo ciclo.

(E1)	Wt = 15.60 (1-e ^{-0.164 (t + 3.851)}) ³	r = 0.995 *
(E2)	Wt = 16.50 (1-e ^{-0.189 (t + 2.403)}) ³	r = 0.996 *
(E3)	Wt = 13.95 (1-e ^{-0.202 (t + 2.791)}) ³	r = 0.999 *
(E4)	Wt = 18.66 (1-e ^{-0.146 (t + 4.174)}) ³	r = 0.993 *

(* significativo al 95%)

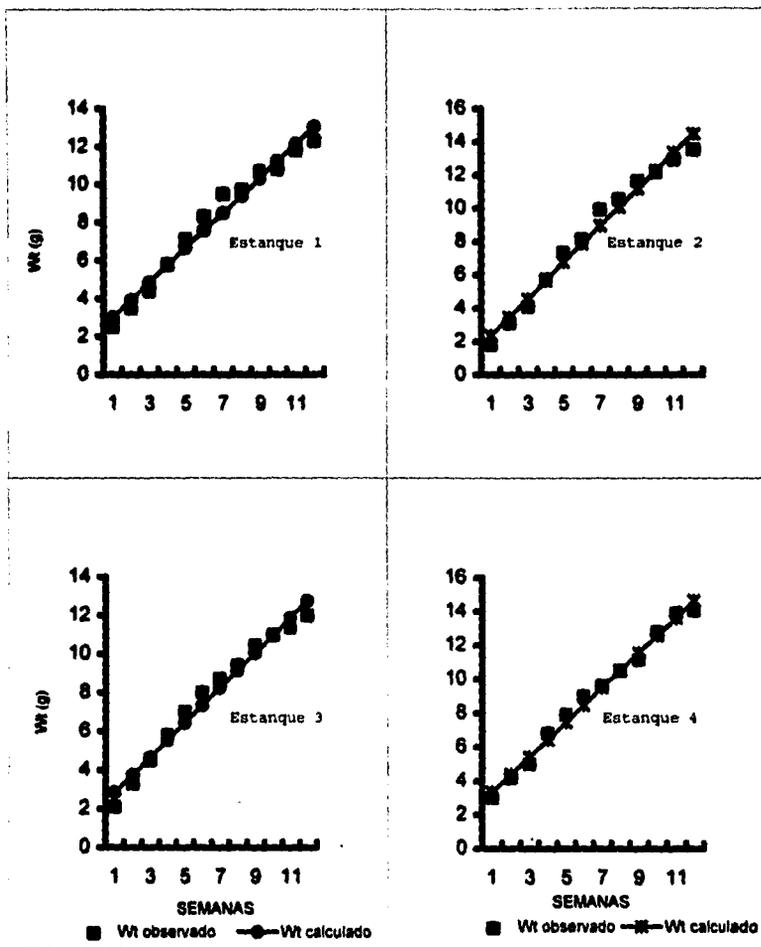


Fig. 18. Curvas de crecimiento de *P. vannamei* por estanque ajustadas por el modelo lineal, del segundo ciclo.

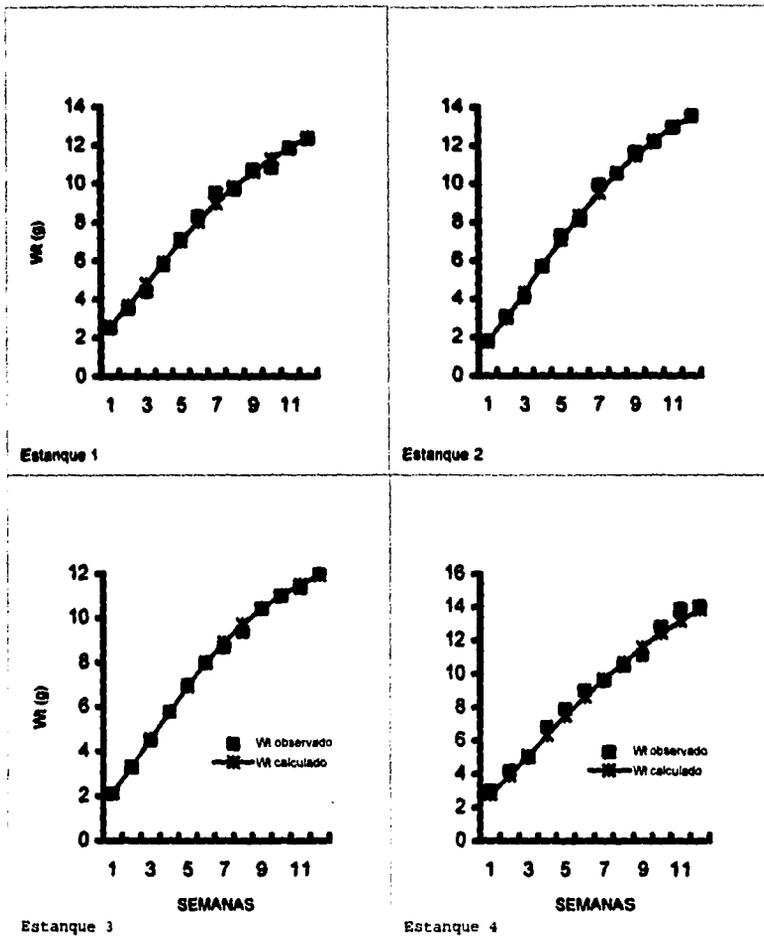


Fig. 19. Curvas de crecimiento de *P. vannamei* por estanque ajustadas por el modelo de Bertalanffy, del segundo ciclo.

Tabla 22. Ecuaciones ajustadas del modelo polinomial del segundo ciclo.

(E1) $Wt = 2.504 - 0.439(t) + 0.562(t^2) - 0.074(t^3) + 0.004(t^4) - 4.4E-05(t^5)$

$r = 0.999 *$

(E2) $Wt = 0.942 + 0.743(t) + 0.1562(t^2) - 0.009(t^3) - 0.001(t^4) - 6.1E-5(t^5)$

$r = 0.999 *$

(E3) $Wt = 1.281 + 0.539(t) + 0.344(t^2) - 0.067(t^3) + 0.005(t^4) - 0.0002(t^5)$

$r = 0.999 *$

(E4) $Wt = 4.211 - 2.604(t) + 1.815(t^2) - 0.358(t^3) + 0.031(t^4) - 0.0009(t^5)$

$r = 0.999 *$

(* significativo al 95%)

Tabla 23. Valores de error cuadrático medio (ECM), error porcentual absoluto medio (EPAM) y coeficiente de correlación (r) del segundo ciclo (ML = modelo lineal, MVB= modelo von Bertalanffy, MP = modelo polinomial).

	ECM			EPAM			r		
	ML	MVB	MP	ML	MVB	MP	ML	MVB	MP
(E1)	0.262	0.068	0.027	7.35	3.06	1.88	0.986	0.995	0.997
(E2)	0.233	0.032	0.027	7.78	2.03	1.99	0.990	0.996	0.999
(E3)	0.200	0.015	0.008	7.87	1.05	0.88	0.988	0.999	1.000
(E4)	0.113	0.137	0.030	4.48	4.11	2.13	0.995	0.993	0.999

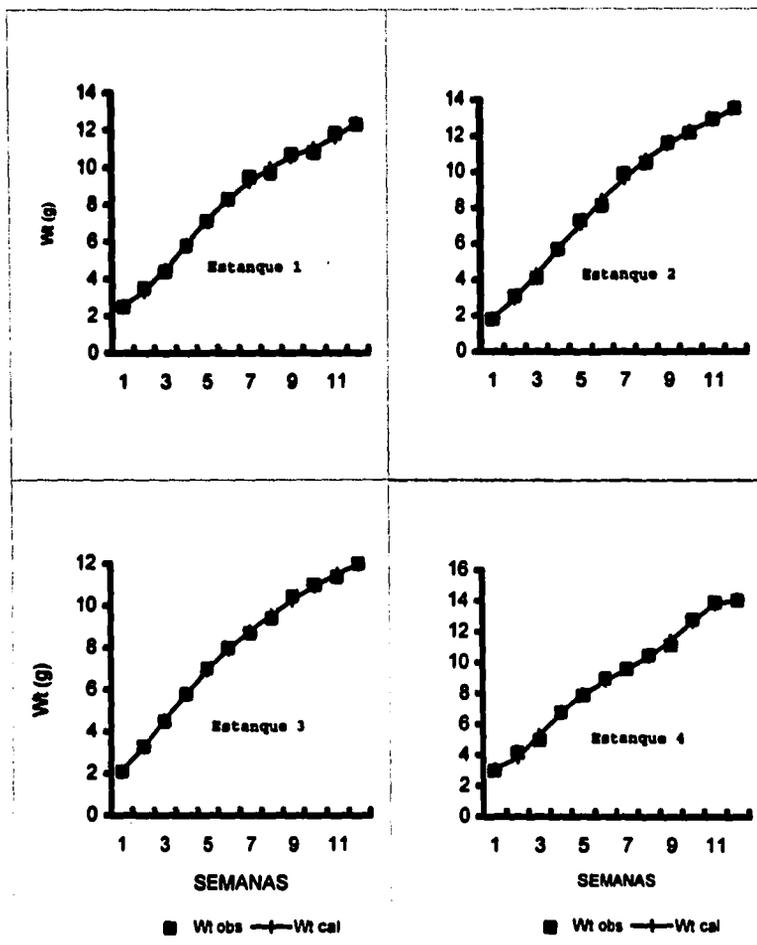


Fig. 20. Curvas de crecimiento de *P. vannamei* por estanque ajustadas por el modelo polinomial, del segundo ciclo.

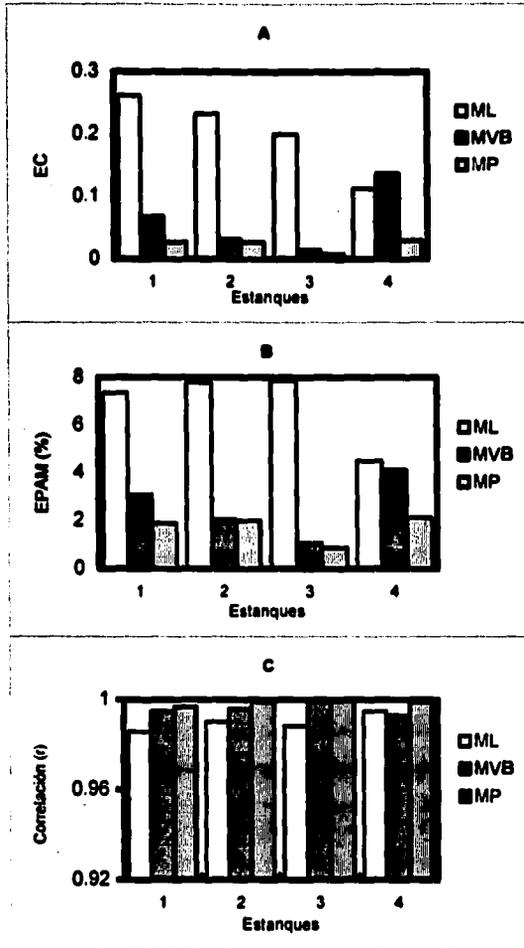


Fig. 21. Error cuadrático (A), error porcentual absoluto medio (B) y coeficiente de correlación (C).

Tabla 24. Datos de cosecha del segundo ciclo: Biomasa, peso promedio (Wt p), número de organismos (No org), cantidad de alimento suministrado (CAS), sobrevivencia (Sob), rendimiento (Rend) y tasa de conversión de alimento (TCA).

	Biomasa kg	Wt p g	No org	CAS kg	Sob %	Rend kg/ha	TCA
(E1)	9196.0	12.1	760040	16552.8	73.5	1956.7	1.8
(E2)	8457.0	12.2	691500	15222.6	81.4	1691.4	1.8
(E3)	7459.0	12.0	621600	15663.9	69.1	1491.8	2.1
(E4)	8471.0	13.9	609442	11859.4	87.1	1694.2	1.4

Tabla 25. Estadísticas de la regresión múltiple.

Variables	Coefficientes
T°C am	-0.016
T°C pm	0.046
O ₂ am	0.017
O ₂ pm	-0.011
Salinidad	0.017
Intercepción	-0.610
Coefficiente de determinación	0.8255
Coefficiente de correlación	0.9086

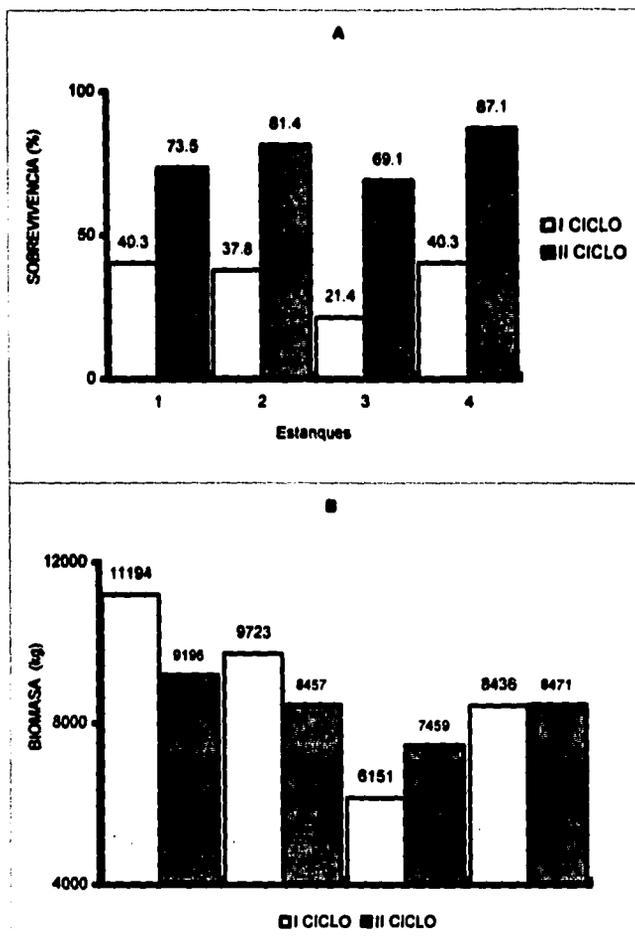


Fig. 22. Sobrevivencia (A) y biomasa (B) por estanque de ambos ciclos de cultivo.

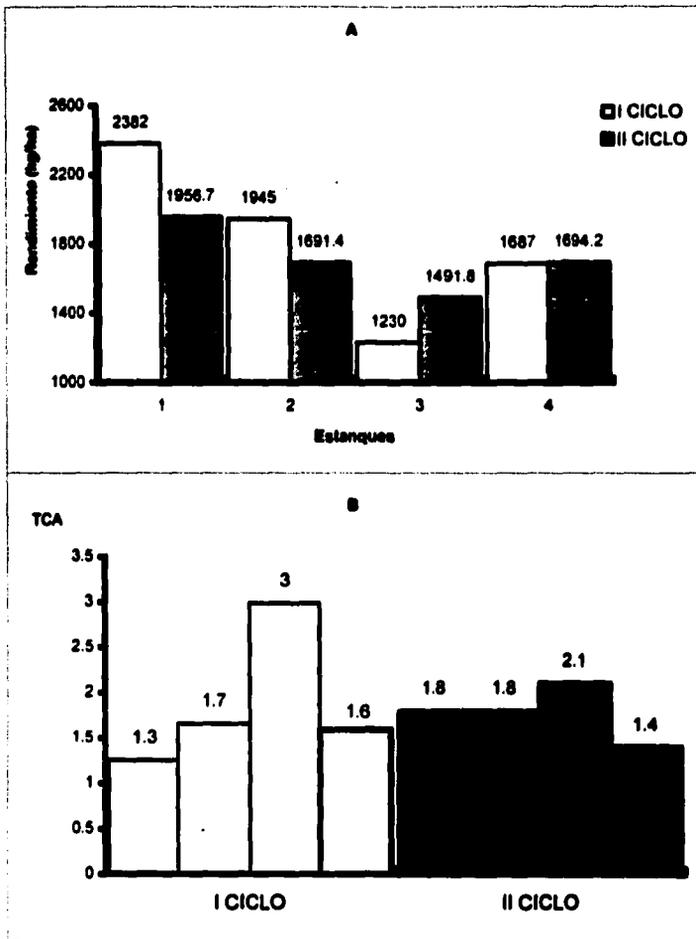


Fig. 23. Rendimiento (A) y tasa de conversión de alimento (B) de ambos ciclos de cultivo.

DISCUSION

Parámetros fisico-químicos.

El mantenimiento de una buena calidad de agua es importante para lograr altos rendimientos en cultivos de camarón (Pretto Malca, 1984). La calidad de agua esta definida por interacciones químicas y físicas entre el agua, clima y suelo del estanque (Teichert, 1994).

Temperatura.

El crecimiento de los crustáceos depende de diversos factores, siendo los más resaltantes la especie, edad, disponibilidad de alimento, el sexo, la salinidad y la temperatura; éste último parámetro afecta en forma directa al crecimiento (Hartnoll, 1982). El intervalo de temperatura que se considera más propicio para el crecimiento de P. vannamei en estanques de cultivo va de 25 a 30°C (Cruz Suárez, 1988; Boyd y Fast, 1992).

En el primer cultivo los valores promedios por la mañana fueron de alrededor de 19.0°C y los de la tarde de 22.0°C para los cuatro estanques; éstos valores son menores a las temperaturas que se indican como más favorables para el crecimiento de camarón blanco. Valores similares fueron observados por Guerrero Galván (1993) en un ciclo otoño-invierno en la granja Clementina.

En el segundo periodo se registraron temperaturas más cálidas tanto en los promedios de la mañana, 28.0 a 28.46⁰C, como los de la tarde, 30.75 a 31.50⁰C, representando condiciones ambientales favorables para el cultivo de P. vannamei.

La diferencia estadística que se obtuvo entre las épocas de cultivo, no concuerda con los resultados obtenidos por Ruiz Fernández (1995) en tres las granjas camaronícolas del sur de Sinaloa. La ubicación geográfica puede ser una de las causas, ya que en la zona norte del estado las variaciones climáticas son más pronunciadas.

Oxígeno disuelto.

Boyd y Fast (1992) juzgan que los mejores crecimientos de los peneidos se obtiene a concentraciones de oxígeno disuelto entre 3.5 mg/l a saturación.

El promedio matutino mínimo fue de 5.09 mg/l y el máximo vespertino de 7.84 mg/l, en el primer cultivo, mientras que en el segundo el intervalo de los promedios fue de 3.53 a 7.59 mg/l. Estos valores se consideran apropiados en el cultivo de P. vannamei (Martínez Córdova, 1993). Los niveles más altos de OD están asociados a los meses más fríos y con menor salinidad, el cual corresponde al primer ciclo de engorda que se desarrolló en el periodo otoño-invierno. Se ha discutido que la temperatura y la

salinidad presentan una relación inversa con la solubilidad del oxígeno (Spotte, 1979).

Los efectos adversos de exposición prolongada a bajas concentraciones de oxígeno pueden ser bajas tasas de crecimiento y aumento de la susceptibilidad a enfermedades. Valores de menos de 1.0 mg/l pueden ser letales (Boyd, 1989). En ambientes acuáticos la concentración de OD se presenta como un factor crítico debido a que se pueden presentar bajas concentraciones por acción biológica y química (Cameron y Mangum, 1983).

Los valores mínimos de 2.1 mg/l de OD registrados por la mañana, en el segundo periodo de estudio, representó condiciones de riesgo, más no se detectaron efectos nocivos en el desarrollo de los camarones. Es frecuente en granjas semi-intensivas la caída de niveles de OD a 2.0 mg/l por la madrugada (Teichert, 1994), debido a que tanto los organismos heterótrofos como los autótrofos consumen OD por la noche.

Salinidad.

El efecto de la salinidad sobre el crecimiento de muchas especies de crustáceos, en general, es mínimo en un amplio intervalo de salinidad, excepto para valores extremadamente altos o bajos (Hartnoll, 1982).

El camarón blanco es una especie bastante resistente a la temperatura y a la salinidad, por lo que es muy utilizada en acuicultura (Martínez Córdova, 1993).

De acuerdo a Boyd y Fast (1992), el intervalo recomendado en estanques de camarón es de 15 a 30 ‰, lo cual no se cumplió en este trabajo, ya que en ambos ciclos de cultivo se presentaron valores promedios mayores a 30 ‰.

Es pertinente hacer notar que en los dos cultivos se lograron crecimientos aceptables; este hecho se debe a que la especie en cuestión es eurihalina, por lo que a salinidades de hasta 45 ‰ se han obtenido tasas de crecimiento de cerca de un gramo por semana (Bray y Lawrence, 1993; Teichert, 1994).

Turbidez.

Este factor guarda relación con la productividad primaria de los estanques y con los sólidos suspendidos. Puede modificarse por intercambios de agua y por fertilización orgánica e inorgánica. No es recomendable que el agua de los estanques sea muy clara ni muy turbia. Se fertiliza para promover la producción natural de fitoplancton, zooplancton y bentos (Rubright et al., 1986); el crecimiento de camarón mejora cuando se incrementan las microalgas, sobretodo las diatomeas (Martínez Córdova, 1993). La composición y la abundancia del fitoplancton guarda relación con la calidad del agua (Cortés Altamirano et al., 1994).

La turbidez es un índice de la productividad. El intervalo óptimo de turbidez es de 40 a 60 cm (Boyd, 1989).

El valor promedio que se registró en este estudio tanto para el primero como para el segundo ciclo se ubica aproximadamente en los 40 cm, por tanto, se infiere que la turbidez se mantuvo dentro de los límites recomendables.

pH.

La variación diurna del pH en el agua de los estanques se debe a que esta ligado a las concentraciones de CO₂, durante el día se consume CO₂ por procesos fotosintético y el pH aumenta, por la noche se libera bióxido de carbono por la actividad respiratoria de la comunidad biológica del estanque, provocando que el pH disminuya (Boyd, 1989). El intervalo de pH más apropiados para el desarrollo del camarón blanco oscila entre 6 y 9 (Boyd y Fast, 1992).

De acuerdo a que el valor promedio registrado en este trabajo fue de aproximadamente 8, se colige que este factor se mantuvo dentro del intervalo óptimo.

Resultados similares en cuanto al intervalo de valores y a diferencias estacionales fueron obtenidos por Guerrero Galván

(1993) en la granja Clementina y por Ruiz Fernández (1995) en la granja Escutia.

Pruder (1988) al analizar el efecto de la calidad de agua sobre el crecimiento de P. vannamei, enfatizan que el mayor crecimiento se dió en el agua de los estanques con promedios de pH mayores (7.8 y 8), lo cual coincide con los resultados de este trabajo.

Tasa de crecimiento.

Durante la etapa de engorda los muestreos de talla son el medio que permiten conocer el comportamiento del camarón en cuanto a su desarrollo, condiciones de muda y respuesta a la alimentación (Pretto Malca, 1984). El aspecto de la edad y crecimiento de los organismos marinos de importancia económica es de interés cardinal para la investigación pesquera. El estudio del crecimiento de los camarones en cautiverio permite obtener información valiosa sobre su desarrollo, tiempo de cosecha y tiempo óptimo de explotación (Boschi, 1969). Una tasa aceptable de crecimiento de camarón en cultivo, a densidades de siembra comercial, es de 1.0 gramo por semana. Fondepesca y France Aquaculture (1988) señalan que en cultivos de tipo semi-intensivos y a densidades de 7 a 10 camarones/m², el crecimiento es de 1.0 g/semana. MIDA (1984) refiere que la tasa de crecimiento menor a 0.6 g/semana se considera como un crecimiento lento.

Las tasas de crecimiento calculadas en el primer ciclo variaron de 0.68 a 0.71 g/semana, con un promedio general de 0.70 g/semana, por lo que se considera un índice de crecimiento lento aunque aceptable en un cultivo comercial que se llevó a cabo en temporada fría y con alta densidad.

Los valores de los cuatro estanques del segundo cultivo promedian una tasa de 1.0 g/semana, lo cual representa un valor mayor respecto a la temporada anterior. Esto indica que las condiciones más adecuadas fueron las del segundo ciclo. La diferencia en las tasas de crecimiento se debe principalmente a la estación del año; esta temporada fue de primavera-verano, por tanto con temperatura cálida, y además con menor densidad de siembra.

La relación entre la época del año y la densidad con el crecimiento de los peneidos a sido discutida por Hartnoll (1982) y Dall et al. (1990).

En diversas granjas semi-intensivas se han obtenido tasas de crecimiento similares a 0.7 g/semana (Bassanesi Poli, 1987; Uriarte Medina, 1991; Freeman et al., 1992), y de alrededor de 1.0 g/semana como el logrado por Marín López et al. (1990).

Relación entre crecimiento y calidad de agua.

Cameron y Mangum (1983) establecen que la mayoría de los crustáceos toleran amplios intervalos de temperatura y que los cambios de este factor provocan variaciones en la tasa

metabólica. Los parámetros físicos, químicos y biológicos que tienen un efecto decisivo en la producción de camarón en estanques de cultivo son entre otros la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto, el pH, el nitrógeno, los fosfatos y el fitoplancton (Boyd y Fast, 1992).

En este estudio la relación directa encontrada entre la temperatura y la tasa de crecimiento ($r=0.921$ am y $r=0.937$ pm $P < 0.05$), nos dice que el mayor crecimiento se presentó en el segundo ciclo, en el que las tasas de crecimiento fueron significativamente mayores ($F=35.29 > F_{0.05(1),1,6}=5.99$), el cual se desarrolló en temporada primavera-verano, con temperatura y salinidad comparativamente altas, estas condiciones aparentemente estimularon el crecimiento.

De la relación estimada se infiere que las bajas temperatura en el primer ciclo provocaron menores tasas de crecimiento. Algunos autores sugieren que la disminución del crecimiento esta más relacionado a las bajas temperaturas (Robertson et al. 1992; Teichert, 1994), cuando no hay efectos negativos del oxígeno disuelto.

Se ha observado una relación directa entre la temperatura y el crecimiento en juveniles de P. vannamei en estudios realizados en sistemas estuarinos del sur de Sinaloa (Edwards, 1977; Blake y

Menz, 1980; Nuñez Pasten, 1988) y en granjas de cultivo (Marín López et al., 1990).

En el manejo de la calidad de agua se recomienda mantener el nivel de oxígeno disuelto cerca de la saturación en cualquier temperatura y salinidad para lograr éxito en los cultivos (Spotte, 1979).

La relación de tipo inversa obtenida en este trabajo entre el crecimiento y la concentración de OD, sugieren que aunque en el segundo ciclo los niveles de oxígeno fueron relativamente bajos, sobre todo los valores matutinos, no representaron valores críticos; la combinación de niveles adecuados de OD con temperaturas altas y bajas densidades de siembra determinan mayores tasas de crecimiento. Este resultado concuerda con las observaciones de Martínez Córdova (1987) quien también encontró una relación inversa entre el oxígeno disuelto y el crecimiento.

Otro de los resultados de este trabajo señala que la relación entre la salinidad y la tasa de crecimiento es de tipo directa. Esto nos dice que a mayor salinidad mayor crecimiento. En el segundo ciclo la salinidad presentó valores mayores, de aproximadamente 30-35 ‰ en promedio, pero no alcanzó niveles que

pudieran considerarse como críticos como podrían ser valores por arriba de 45 partes por mil.

La salinidad presentó una correlación menor, y un coeficiente mas bajo que la temperatura, por lo que parece tener un papel menos determinante en el crecimiento, aunque es de tomar en cuenta que la influencia de estos parámetros es en forma interrelacionada, ya que la respuesta osmótica de los peneidos depende de otros factores como la temperatura y el oxígeno disuelto (Panikkar, 1967).

Aragón Noriega (1993) menciona que la salinidad por si sola no es un parámetro limitante debido a que se han obtenido buenos crecimientos de P. vannamei en salinidades por abajo o por arriba del intervalo considerado como óptimo. En este sentido Teichert (1994) opina que la salinidad tiene una menor influencia que la temperatura en el crecimiento de los camarones.

Cuando el pH está fuera del intervalo óptimo ($6 < \text{pH} < 9$) puede provocar un crecimiento lento e influir negativamente en la sobrevivencia de los camarones (Jung y Co, 1988; Boyd, 1989).

Del análisis de este trabajo se desprende que tanto la correlación como los coeficientes de la regresión múltiple fueron no significativos para la turbidez y el pH. Esto sugiere que el efecto de estos factores puede influir de manera indirecta y en

forma combinada con otros parámetros físico-químicos. En forma similar, Bassanesi Poli (1987) encontró que la variación de pH tenía poco efecto sobre el crecimiento del camarón blanco, que ella analizó.

Descripción de las curvas de crecimiento.

Los peneidos son animales de ciclo de vida corto. A causa del corto ciclo de vida, la abundancia, tamaño medio y otros parámetros de los stocks de camarón varían ampliamente de estación a estación, por ello los estudios de dinámica de población de los camarones deben referirse a intervalos mensuales o semanales. El análisis de crecimiento involucra una cierta cantidad de subjetividad y algunas veces llevan a resultados no convincentes. El uso de métodos de procesamiento automático (p.e. ELEFANT) han sido utilizados para reducir la subjetividad y calcular los parámetros de crecimiento estacional, pero la limitación estadística aunado a que los datos están sujetos a error requiere de un examen crítico (García, 1988). El crecimiento de la mayoría de los organismos marinos es asintótico, cada especie en un determinado ambiente tiene una talla máxima característica, a la cual se aproxima gradualmente a través de su vida (Hartnoll, 1982).

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

79

FALLA DE ORIGEN

En los crustáceos, la determinación del incremento en talla puede hacerse en jaulas o estanques experimentales registrando directamente la talla en función del tiempo (Dall et al. 1990).

El crecimiento de los peneidos en estanques de cultivo ha sido descrito mediante diversos modelos como el lineal, el de von Bertalanffy y el sigmoideo (Satish, 1987; Bassanesi Poli, 1987; Marín López et al., 1990; Aragón Noriega, 1993).

Es posible obtener una representación puramente empírica, de cualquier conjunto de datos, por medio de una expresión polinomial, la mayor desventaja de esta función es que los coeficientes no contienen un significado fisiológico. El modelo lineal es fácil de ajustar, tiene pocas constantes y una de estas, la pendiente, tiene un significado biológico al representar la tasa de crecimiento, la desventaja es que representa en cierta medida a un modelo empírico. La función de von Bertalanffy es fácil de ajustar a los datos observados, el número de constantes utilizadas es pequeño, y esos parámetros tienen significado biológico: W_{∞} representa el peso asintótico, K define la tasa de crecimiento y t_0 es la edad teórica a la cual el organismo tiene un peso cero.

En este trabajo los resultados del ajuste de los tres modelos de crecimiento fueron similares para todos los estanques de ambos ciclos. Considerando que en todos los casos el error porcentual

absoluto medio fue menor a 20-30%, que es el mínimo aceptable para determinar el valor práctico de un modelo (Roff, 1983), y de que el coeficiente de correlación fue muy alto, mayor a 0.9, puede decirse que los tres modelos utilizados demostraron ser útiles, en mayor o menor grado, porque proporcionan una descripción adecuada del crecimiento en el intervalo de tiempo considerado. Esto guarda similitud con otros estudios como el de Parrack (1979), citado por Dall et al. (1990), quien realizó el ajuste de tres modelos de crecimiento (lineal, von Bertalanffy y logístico) usando datos de longitud, concluyó que el modelo de Bertalanffy fue el mas apropiado.

En un trabajo en el que modelaron el crecimiento de 16 poblaciones de peces comparando el modelo de Bertalanffy con cinco funciones polinomiales resultó que la función de von Bertalanffy fue el mejor modelo de crecimiento (Chen et al. 1992).

Sin embargo, para este estudio en específico se estableció que el modelo polinomial fue el que representó mejor las curvas de crecimiento de acuerdo a los resultados de los criterios considerados: menor error cuadrático, menor error porcentual absoluto medio y más alto coeficiente de correlación.

Sobrevivencia poblacional.

Una revisión de una década de estudios sobre el cultivo de peneidos en el Pacífico sur arrojó valores de las tasas de

sobrevivencia de 60% o más en estanques de tierra (AQUACOP e IFREMER, 1984).

En sistemas de cultivo semi-intensivo y en estanques rústicos de tamaño mediano se considera que los niveles de sobrevivencia usuales van de 60 a 80% (Fast, 1992).

Los resultados obtenidos sobre el particular son los siguientes: en la primer época de cultivo los porcentajes de sobrevivencia representan un promedio de 35%, y en ninguno de los estanques el valor sobrepasó el 60%, que es el estándar mínimo permisible en un cultivo comercial.

Es probable que la alta mortalidad esté directamente ligada a las altas densidades de siembra que se manejaron. Un dato que puede ser revelador, es el del estanque con más alta densidad, 52.8 organismos/m², el que a su vez registró la menor sobrevivencia (21.4%).

Es recomendable que al aumentar la densidad se aplique oxigenación suplementaria mediante el uso de aereadores mecánicos, por otro lado se sabe que la densidad usual en sistemas semi-intensivos es de 10 organismos/m² (Fast, 1992; Martínez Córdova, 1993). En este caso las densidades trabajadas fueron mayores y no hubo oxigenación suplementaria, por lo que es de suponer que estos dos aspectos influyeron negativamente en la sobrevivencia.

En el segundo cultivo las densidades de siembra fueron comparables con las usadas en sistemas semi-intensivos, como reflejo de ello la sobrevivencia fue en todos los estanques mayor a 60%, lo cual concuerda con el propósito de un buen manejo de estanques al minimizar la mortalidad natural.

Biomasa y rendimiento.

La practica indica que para lograr ganancias económicas se debe procurar disminuir en lo posible la mortalidad para obtener altos rendimientos. Loria y Martínez Espinosa (1990) comentan que en los cultivos de camarones marinos en América Latina y el Caribe, desde 1970 a 1987 se obtienen rendimientos medios por debajo de 0.5 ton/ha de colas.

En este estudio la producción fue alta en ambos ciclos. Los resultados al ser comparados con los de otros cultivos semi-intensivos mostraron niveles similares o mayores, ya que dentro del esquema de cultivos semi-intensivos los rendimientos potenciales esperados varían de 250 a 1250 kg/ha (Fast, 1992).

Aumentar la densidad de siembra es un factor que ayuda a conseguir mayores producciones (Rosenberry, 1994), mas esto no ocurrió así en este estudio. Aunque hubo diferencias en la densidad de siembra entre los dos cultivos, en el primer ciclo la densidad fue mayor, estas no se reflejaron en cuanto a producción. Esto se explica por

la alta mortalidad del primer ciclo, y de que al final las densidades de cosecha de los dos cultivos fueron similares, y por ende no hubo diferencias significativas en la biomasa y producción obtenidas.

Tasa de conversión de alimento.

El alimento formulado de bajo costo no contiene todos los nutrientes necesarios para el camarón ni en las cantidades adecuadas, sin embargo al ser consumido en adición al alimento natural del estanque se logran los rendimientos deseados en cultivos comerciales (Leber y Pruder, 1988). El alimento balanceado puede llegar a representar el 40% de los costos de operación. En sistemas de cultivo semi-intensivo, en estanques de tierra de 1 a 20 ha, con intercambio de agua por uso de bombeo mecánico, los niveles del factor de conversión del alimento va de 1.0 a 1.5 (Fast, 1992).

En el régimen de cultivo semi-intensivo las tasas de alimentación empleadas son bajas, lográndose alcanzar el índice de 2.0 (Boyd, 1989). El camarón blanco cultivado en granjas de Filipinas representa más del 90% de la producción; los registros muestran promedios de conversión de 1.3 a 1.6 a densidades de 25-35 camarones por metro cuadrado (Rosenberry, 1994).

Para este estudio, la prueba paramétrica estableció que hubo similitud en los valores de la tasa de conversión de alimento de ambos periodos de cultivo. Los valores calculados, en general, caen dentro de los índices que se consideran aceptables, o sea menores a 2.0, puesto que una baja conversión indica mejor uso del alimento por el camarón.

La excepción se dió en el estanque número 3 del primer ciclo, dónde la tasa de conversión alcanzó un máximo de 3.0. Otras características atribuibles a ese estanque es que registró una menor sobrevivencia, por tanto ahí se suministró un exceso de alimento que no fue aprovechado por los camarones cultivados; la conclusión obvia es que al sobrealimentar se incrementa el valor de la conversión y probablemente el exceso de alimento a su vez afecta a la sobrevivencia.

Relación con la densidad de siembra.

En sistemas que no emplean aereación mecánica como el extensivo y semi-intensivo la densidad de siembra puede ser mayor en la época fría que en la de calor, ya que en temperaturas del agua mas bajas se disuelven mayores cantidades de oxígeno (Spotte, 1979), y por tanto se esperarían menos problemas de hipoxia. Además de que en esas mismas condiciones el metabolismo de los camarones es menor (Newell, 1976).

Uno de los resultados establece que hubo asociación significativa entre la densidad y la tasa de crecimiento, siendo la relación de tipo inversa, esto es, a mayor densidad de siembra la tasa de crecimiento fue menor.

El efecto inhibitorio de la densidad sobre el crecimiento de P. vannamei a sido discutido por diversos autores como Edwards (1978), Abitia Cárdenas et al. (1985) y Wyban et al. (1989).

También la relación de la densidad con la sobrevivencia fue de tipo inversa ($r = -0.972$ $P < 0.05$), o sea, a mayor densidad de siembra la sobrevivencia fue mas baja.

Esto confirma las hipótesis planteadas de que la tasa de crecimiento y la sobrevivencia guardan una relación inversa con la densidad de siembra.

No se presentó una relación directa entre la densidad, la biomasa y el rendimiento. Este resultado se contrapone al hecho de que tanto en cultivos de peces como de peneidos, al incrementar la densidad aumenta el rendimiento (Juárez y Chávez, 1976; Allan y Maguire, 1992).

La explicación a que no se haya dado la relación directa entre esas variables es debido a que cuando se empleó mayor densidad se presentó menor sobrevivencia y por ende los niveles de producción esperados disminuyeron. Esto mismo se considera que afectó a la correlación respecto a la tasa de conversión de alimento.

CONCLUSIONES

1. Los valores promedios de temperatura y oxígeno disuelto por las mañanas fueron menores a los valores de la tarde en todos los estanques en ambos ciclos de cultivo.
2. Los promedios de temperatura del agua del segundo ciclo fueron mayores a los valores del primer cultivo.
3. Se encontraron diferencias significativas en los promedios de oxígeno disuelto entre los dos periodos de engorda.
4. En ambos ciclos la relación entre temperatura y OD fue inversa. Los niveles más altos de oxígeno están asociados a los meses más fríos.
5. Los promedios de salinidad y pH del segundo cultivo fueron mayores respecto a los valores registrados en los estanques del ciclo anterior.
6. Las diferencias de turbidez entre ciclos fueron estadísticamente no significativas.
7. La temperatura presentó una correlación más alta que la salinidad sobre el crecimiento.
8. La combinación de buenos niveles de oxígeno disuelto con temperaturas y salinidades altas y densidades de siembra menores determinaron mayores tasas de crecimiento.
9. Las tasas de crecimiento estimadas en la temporada primavera-verano, fueron significativamente mayores respecto al periodo otoño-invierno.

10. Los modelos lineal, de von Bertalanffy y el polinomial, demostraron ser útiles, tener valor práctico, además de proporcionar una descripción adecuada del crecimiento de P. vannamei en el intervalo de tiempo considerado.
11. El modelo polinomial fue el que representó mejor las curvas de crecimiento del camarón blanco.
12. La tasa de crecimiento presentó una correlación negativa respecto a la densidad de siembra.
13. La diferencia en las tasas de crecimiento entre los dos ciclos de cultivo se debe principalmente a la densidad de siembra y a la estación del año, que involucra directamente a la temperatura.
14. Se determinó que hubo diferencias de sobrevivencia entre los dos ciclos, siendo significativamente mayor la sobrevivencia en el segundo cultivo, posiblemente debido a una menor densidad de siembra.
15. No se encontraron diferencias significativas entre los valores de biomasa, rendimiento y tasa de conversión de alimento de ambos ciclos de cultivo.
16. Los valores de la tasa de conversión de alimento, en general, caen dentro de los índices que se consideran aceptables en cultivos semi-intensivos.
17. Se estableció que hubo asociación significativa entre la densidad y la sobrevivencia, siendo la relación de tipo inversa.

RECOMENDACIONES

- Diseñar experimentos que consideren el efecto combinado de la densidad de siembra y la intensidad del recambio de agua sobre el crecimiento de los camarones.
- Considerar el efecto que la densidad puede ejercer sobre la variabilidad de los pesos finales, puesto que en la cosecha se debe lograr que una mayor cantidad de organismos alcancen la talla mínima comercial.
- El seguimiento del crecimiento debe hacerse tanto para longitud total como en peso, diferenciando por sexos, y usando técnicas que involucren análisis más detallados como por ejemplo el seguimiento de la progresión modal.
- Efectuar trabajos que determinen y validen el tamaño mínimo de muestras para la estimación de parámetros como el crecimiento.
- Evaluar la tasa de conversión alimenticia combinándola con aspectos del manejo de alimento como el uso de la técnica de canastas y otros.

LITERATURA CITADA

ANONIMO. 1985. Shrimp Aquaculture, 1985: A survey of the world status and outlook for shrimp aquaculture. Shrimp Notes Incorporate 123 pp

ANONIMO. 1990. World shrimp farming 1989. Aquac. Digest 28 pp

ABITIA CARDENAS, L. A., J. HERNANDEZ GARCES y R. TORRES FLORES. 1985. Crecimiento y mortalidad de camarón blanco (P. vannamei Boone) en corrales a 3 diferentes densidades. Tesis profesional, ECM-UAS pp 13-15

ALLAN, G. L. y G. B. MAGUIRE. 1992. Effects of stocking density on production of Penaeus monodon Fabricius in model farming ponds. Aquaculture 107:49-66

AQUACOP e IFREMER. 1984. Review of ten years of experimental penaeid shrimp culture in Tahiti and Caledonia (South Pacific). J. World Maricul. Soc. 15:73-91

ARAGON NORIEGA, E. A. 1993. Aplicación de tecnología tailandesa para el cultivo intensivo de camarón blanco Penaeus vannamei (Bonne) en México. Tesis de maestría. CICESE, Méx. 60 pp

ARAMBULA RODRIGUEZ, R., M. BRISEÑO R. y J. E. YOCUPICIO. 1986. Estudio preliminar de crecimiento de camarón blanco (P. vannamei Boone) en el estero El Sábalo. Tesis profesional, ECM-UAS 44 pp

ARREDONDO FIGUEROA, J. L. 1990. Análisis del cultivo de camarón en México. En: de la Lanza Espino G. y J.L. Arredondo F. (Eds.). La acuicultura en México: De los conceptos a la producción. Inst. de Biología, UNAM, Méx. :77-104

BARDACH, J. E., J. H. RYTHER y W. O. MCLARNEY. 1972. Aquaculture. The farming and husbandry of freshwater and marine organisms. John Wiley y Sons, N.Y. 868 pp

BASSANESI POLI, A. T. 1987. Análisis de un cultivo de camarón blanco (Penaeus vannamei Boone) en estanques rústicos en San Blas, Nayarit, México. Tesis doctoral, UACPyP-CCH, UNAM 295 pp

BEVERIDGE, M. C. M. 1991. Cage Aquaculture. Fishing News Books. Londres, Gran Bretaña. 351 pp

BLAKE, F. B. y A. MENZ. 1980. Mortality and estimates for Penaeus vannamei Boone in a Mexican coastal lagoon. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. (45):15-24

BOSCHI, E. E. 1969. Crecimiento, migración y ecología del camarón comercial Artemesia longinaris Bate de Mar del Plata. Bol. Inst. Biol. Mar. 18(14):1-47

BOYD, C. E. 1989. Water quality management and aeration in shrimp farming. Fisheries and Allied Aquaculture Departmental. Ser. No. 2, Alabama Agricult. Expt. Sta., Auburn Univ., Alabama. 83 pp

BOYD, C. E. y A. W. FAST. 1992. Pond monitoring and management. En: A.W. Fast y L.J. Lester (eds.). Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 23. Elsevier Sci. Publishers. N.Y. 23:497-514

BRAY, W. A. y A. L. LAWRENCE. 1993. Efecto de cuatro sustratos en el crecimiento y supervivencia de Penaeus vannamei en dos salinidades. Ciencias Marinas 19(2):229-244.

CAMERON J. N. y C. P. MANGUM. 1983. Environmental Adaptations of the Respiratory System: Ventilation, Circulation, and Oxygen Transport. En: D.E. Bliss (ed.). The Biology of Crustacea. Environmental Adaptations. Academic Press, N.Y. 8:43-63

CORTES ALTAMIRANO, R., A. NUÑEZ PASTEN, H. M. ESPARZA LEAL e I. BARRAZA GUZMAN. 1994. Variación y abundancia del fitoplancton de estanques semi-intensivos e intensivos para cultivo de camarón en Sinaloa, México. En: Efecto de la calidad del agua y composición biológica sobre la producción en granjas camaronícolas. Informe final Proyecto CONACYT 0625-N9110. Parte 2:177-217

CRUZ SUAREZ, E. 1988. Métodos de evaluación biológica. En: Mem. del Seminario Nacional de Nutrición y Alimentación Acuícola.

UANL, DGEP, Mayo de 1988, Sn. Nicolás de los Garza, N.L.
(Cuadernos de Investigación:10):244-251

CHAKRABORTI, R. K., D. D. HALDER, N. K. DAS, S. K. MANDAL y
M. L. BHOWMIK. 1986. Growth of P. monodon Fabricius under
environmental conditions. Aquaculture 51:189-194

CHAPA SALDAÑA, H. y R. SOTO LOPEZ. 1969. Relación de algunos
factores ecológicos con la producción camaronera de las lagunas
litorales del sur de Sinaloa. En: Mem. Simp. Inter. Lagunas
Costeras. UNAM-UNESCO, 28-30 nov. 1967. Mex.:653-662

CHAVEZ O., E. 1973. Estudio sobre la tasa de crecimiento del
camarón blanco (P. vannamei Boone) de la región sur del Golfo de
California. Ciencia, Méx. XXVIII(2):79-85

CHEN, Y., D. A. JACKSON y H. H. HARVEY. 1992. A comparison of
von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth
data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49:1228-1235

CHOY, C. S. 1987. Growth and reproduction of eyestalk ablated
Penaeus canaliculatus (Olivier, 1811) (Crustacea: Penaeidae) J.
Exp. Mar. Biol. Ecol. (112):93-107

DALL, W., B. J. HILL, P. C. ROTH LISBERG y D. J. SHARPLES.
1990. The biology of the penaeidae. Advances in Mar. Bio. 27:21-32

EDWARDS, R. R. C. 1977. Field experiments on growth and
mortality of Penaeus vannamei in a Mexican Coastal Lagoon Complex.
Estuar. Coast. Mar. Sci. 5:107-121

EDWARDS, R. R. C. 1978. The fishery and fisheries biology of
penaeid shrimp on the Pacific coast of Mexico. Oceanogr. Mar.
Biol. Ann. Rev. 16:145-180

FAST, A. W. 1992. Penaeid Growout Systems: An Overview. En: A. W. Fast y L. J. Lester (eds.). Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 23. Elsevier Sci. Publishers. N.Y. 14:345-353

FLORES VERDUGO, F. J. 1989. Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. En: Rosa Vélez, J. de la y F. González Farias (eds.). Temas de Oceanografía Biológica en México. UABC, Méx. pp 21-49

FONDEPESCA y FRANCE AQUACULTURE. 1988. Manual de engorda de camarón, cultivo semiintensivo del camarón blanco del Pacífico Mexicano. Fondepesca, Méx. 101 pp

FREEMAN, P. W., E. O. DUERR y K. M. LEBER. 1992. Use of bagasse as feed input to semi-intensive shrimp growout ponds. J. World Aquac. Soc. 23(1):23-27.

GAMEZ ETERNOD, S. Y G. DE LA LANZA ESPINO. 1992. Análisis del estado de la camaronicultura en México hasta el año de 1991. Méx. 48 pp

GARCIA, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Inst. Geogr., UNAM. Méx. 246 pp

GARCIA, S. 1988. Tropical Penaeid Prawns. En: J.A. Gulland. Fish Population Dynamics pp 219-246

GRIFFIN, W., A. LAWRENCE y M. JOHNS. 1985. Economics of penaeid culture in the Americas. En: Proceedings of the First International Conference on the culture of penaeid prawn/shrimps. SEAFDEC Aquaculture Department. Iloila, Philippines. 151-160

GUERRERO GALVAN, S. R. 1993. Estudio de la calidad del agua en una granja camaronícola semi-intensiva: flujo de materiales y

nutrimentos, producción de oxígeno por fotosíntesis y consumo por respiración. Tesis de Maestría. UACPyP, UNAM 161 pp

HARTNOLL, R. G. 1982. Growth. En: L. G. Abele (ed.). The Biology of Crustacea. Vol. 2. Embryology, Morphology and Genetics. Academic Press, USA:111-196

HUNTER, B., G. PRUDER y J. WYBAN. 1987. Biochemical composition of pond biota, shrimp ingesta, and relative growth of Penaeus vannamei in earthen ponds. J. World Aquac. Soc. 18(3):162-173

JUAREZ, J. R. y M. CHAVEZ. 1976. Piscicultura extensiva en un estanque temporal de México. 2. Crecimiento de la carpa de Israel, Cyprinus carpio specularis L. 1758. 1er. Simposio de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura, Maracay, Venezuela. 11 pp

JUNG, C. K. y W. G. CO. 1988. Prawn Culture. Scientific and practical approach. Westpoint aquaculture corporation, Filipinas 323 pp

KINNE, O. 1971. Marine Ecology: A comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters, Vol. 1, Part 1, N.Y. 427 pp

LAMBREGTS, J. A. D., S. G. THACKER y W. L. GRIFFIN. 1993. Economics evaluation of different stocking densities for various sized shrimp farms in Texas. J. World Aquac. Soc. 24(1):13-22

LEBER, K. M. y G. D. PRUDER. 1988. Using experimental microcosms in shrimp research: The growth-enhancing effect of shrimp pond water. J. World Aquac. Soc. 19(4):197-203

LESTER, L. J. y Ma. J. R. PANTE. 1992. Penaeid Temperature and Salinity Responses. En: A. W. Fast y L. J. Lester. (eds.). Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 23. Elsevier Sci. Publishers. N.Y. 24:515-534

LOBATO, G. P. 1990. Estudios de casos sobre los aspectos sociales que inciden en la difusión, asimilación y desarrollo de las tecnologías de cultivo de ostión, en el Golfo de México, y de cultivos de camarón, en el estado de Sinaloa. Proyecto SEPESCA/FAO/PNUD/MEX/87/018. 15 pp

LORIA, L. y M. MARTINEZ ESPINOSA. 1990. Una estrategia para el desarrollo de la acuicultura: el caso de América Latina. COPESCAL Doc. Ocasional FAO (6):1-46

MARIN LOPEZ, S., M. TREJO M., M. LOZANO R. y J. M. AUDELO NARANJO. 1990. Estudio sobre el crecimiento de camarón blanco (Penaeus vannamei Boone) y sus relaciones con factores ambientales, en la granja Clementina, Mazatlán, Sin. En: Mem. del VIII Congreso Nal. de Oceanografía. ECM-UAS, 21-23 nov. 1990, Maz., Sin., Méx.:91

MARTINEZ CORDOVA, L. R. 1987. Cultivo de camarón azul, Penaeus stylirostris, en corrales flotantes en diferentes épocas del año en Sonora, Méx. Tesis de Maestría. UACPyP, UNAM 72 pp

MARTINEZ CORDOVA, L. R. 1993. Camaronicultura: Bases técnicas y científicas para el cultivo de camarones peneidos. AGT Editor, S. A., Méx. 223 pp

MEADE, J. W. 1989. Aquaculture Management. Van Nostrand R., N.Y. 175 pp

MENA HERRERA, A. 1991. Perspectivas de la camaronicultura en el litoral del Pacífico Mexicano. En: Mem. del Sem. El Mar y sus Recursos en la Cuenca del Pacífico, nov. 11-13, Univ. de Colima, Méx. :215-219

MIDA. 1984. Manual de cría de camarones peneidos en estanques de aguas salobres. Dir. Nal. de Acuicultura del M. de D. Agropecuario, Panamá. 54 pp

MORALES ACOSTA, G., M. VILLAREAL Z., F. CAMACHO C. y J. SANCHEZ G. 1990. Efecto de la calidad de agua en estanquería rústica sobre el crecimiento de P. vanamei. Tesis profesional, ECM-UAS 52 pp

NEWELL, R. C. 1976. Adaptation to Environment. Essays on the physiology of marine animals. Butterworths, Londres 539 pp

NUÑEZ PASTEN, A. 1988. Crecimiento del camarón Penaeus vannamei, P. stylirostris, P. californiensis y su relación con factores ambientales (temperatura y salinidad) en las lagunas de

Huizache y Caimanero, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. UACPyP, UNAM. 82 pp

PANIKKAR, N. K. 1967. Osmotic behaviour and prawns in relation to their biology and culture. FAO Fisheries Reports 57(2):527-538

PARKER, N. C. 1987. Feed conversion indices: Controversy or convention. Prog. Fish-Cult. 49(3):161-166.

PREEZ, H. H. D., H. Y. CHEN y C. S. HSIEH. 1992. Apparent specific dynamic action of food in the grass shrimp, Penaeus monodon Fabricius. Comp. Biochem. Physiol. 103A, (1):173-178

PRETTO MALCA, R. 1984. Manual de cría de camarones peneidos en estanques de agua salobre. Dir. Nal. de Acuicultura. M. de D. Agropecuario, Panamá. 54 pp

REPRIETO G., J. F. y M. F. RODRIGUEZ M. 1984. Cultivo de camarón azul (Penaeus stylirostris, STIMPSON). CICTUS-UNISON, Puerto Peñasco, Son., Méx. 126 pp

RODRIGUEZ DE LA CRUZ, M.C. 1981. Estado actual de la pesquería de camarón en el Pacífico Mexicano. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. Depto. de Pesca. Méx. (1):53-70

ROFF, D. A. 1983. Analysis of catch/effort data a comparison of three methods. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40:1496-1506

ROBERTSON, L., A. L. LAWRENCE y E. C. CASTILLE. 1993. Effect of feeding frequency and feeding time on growth of Penaeus vannamei (Boone). Aguac. Fish Management 24(1):1-6

ROSENBERRY, B. 1994. Cultivo mundial de camarón (1993). En: Mem. del Seminario Internacional de Camaronicultura en México. Camarón'94. Ralston Purina Internacional. Feb. 10-12 de 1994, Máz., Sin. Méx.

RUBRIGHT, J. S., J. I. HARREL, H. W. HOLCOMB y J. C. PARKER. 1986. Responses of naturally occurring communities to fertilizer and feed applications in shrimp mariculture ponds. En: J. Lannau, R. Smitherman y G. Tchobanogloos (eds.). Principles and practices of pond aquaculture. University Press:1-28

RUIZ FERNANDEZ, A. C. 1995. Calidad del agua en cuatro granjas camaronícolas en el noroeste de México: estudio comparativo de las características físicas, químicas y de contribución orgánica en aguas de ingreso y egreso. Tesis de Maestría. UACPyP, UNAM 133 pp

SATISH, C. C. 1987. Growth and reproduction of eyestalk ablated Penaeus canaliculatus (Olivier, 1811) (Crustacea: Penaeidae) J. Exp. Mar. Biol. Ecol. (112):93-107

SECRETARIA DE PESCA. 1990. Programa de Desarrollo Integral de la Acuicultura 1990-1994. Méx. 58 pp

SPOTTE, S. 1979. Fish and invertebrate culture: water management in closed systems. 2nd. Ed., John Wiley y Sons, N.Y. 179 pp

TEICHERT, C. D. 1994. La calidad de agua y su manejo en estanques de camarón. En: Mem. Seminario Internacional de Camaronicultura en México. Feb. 10-12 1994. Sin., Méx.

URIARTE MEDINA, G. 1991. Determinación del crecimiento de camarón en cultivo semi-intensivo realizado en estanques rústicos en la granja Pioneros de la Camaronicultura del Ej. Ostional, Ang., Sin., en el periodo junio-diciembre de 1989. Tesis profesional, ECM-UAS 59 pp

WHEATON, F. W. 1977. Aquacultural engineering. A Wiley-Interscience Publication. J. Wiley y Sons, N.Y. 708 pp

WYBAN, J. A., C. S. LEE, V. T. SATO, J. N. SWEENEY y W. K. RICHARDS Jr. 1987. Effect of stocking density on shrimp growth rates in manure-fertilized ponds. Aquaculture 61:23-32

WYBAN, J. A., J. N. SWEENEY, R. A. KANNA y H. KALAGAYAN. 1989. Large shrimp production and carrying capacity in round ponds. W.A.S. meeting, 12-16 feb. 1989, L.A., Calif., U.S.A.

WOOTTON, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall, N.Y. U.S.A.:117-158

YOONG BASURTO, F. y B. REINOSO NARANJO. 1984. Crecimiento del camarón marino Penaeus vannamei Boone, en criadero sin alimentacion suplementaria. INP Ecuador, Guayaquil. Bol. Cient. y Tecn. 7(3):1-38

ZAR, J. H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Clif, N.J., U.S.A. 620 pp.