

Crecimiento y sobrevivencia de semillas del ostión *Crassostrea virginica* en una granja camaronícola en Yucatán, México

David Angel Vera Manrique y Dalila Aldana Aranda

CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida, Km 6 Carretera Antigua a Progreso, Mérida, Yucatán, México. C.P. 97310; tel: (99) 81 29 60; Fax: (99) 81 29 17; , daldana@kin.cieamer.conacyt.mx

Recibido 29-VI-2000. Corregido 3-VII-2000. Aceptado 6-VIII-2000.

Abstract: A lot of 1 600 seeds of American oyster *Crassostrea virginica* from the coastal lagoon La Redonda, Tabasco, Mexico was cultured in main drainage channel (S1), a secondary drainage channel (S2), the floodgate of a white shrimp *Pennaeus vannamei* pond (S3) and the marine water supply pond (S4). The seeds, with a total height and initial humid weight of 31.67 ± 3.43 mm and 4.29 ± 1.32 g, respectively, were cultured in suspended Nestier oyster boxes at 575 org/ m². Biological and environmental parameters were recorded after 296 days, the seeds in S4 reached height and weight values of 52.55 ± 7.51 mm and 16.30 ± 4.94 g, respectively. The index of physiologic condition along the experiment had a variation of 1.26% to 3.45%. In S4 the survival was 81.0%. In the other places the mortality was total after 90 days.

Key words: *Crassostrea virginica* , *Pennaeus vannamei*, biculture, culture.

La producción ostrícola destaca entre las actividades pesqueras más importantes de México. Por su nivel de participación en la producción pesquera anual, el ostión es el segundo recurso pesquero más importante que se produce en el país. México ocupa actualmente el 6o. lugar como productor de ostión a nivel mundial y el primero en el Caribe desde 1983, con un promedio anual de 40 000 toneladas.

Cerca del 90% de la producción ostrícola nacional proviene del Golfo de México y tiene como base los bancos naturales del ostión americano *C. virginica*, el cual soporta el total de la explotación comercial de esta región (Anónimo 1996). A partir de 1998, la FAO le dio la categoría de 'pesquería mejorada' al

método que se utiliza para la explotación del ostión en el Golfo de México, este consiste en el acondicionamiento de fondos y rotación de bancos, y hasta entonces era considerado un cultivo extensivo. Como consecuencia, la especie *C. virginica* y los volúmenes de su producción ya no aparecen registrados para México en los reportes estadísticos de acuicultura actuales de la FAO.

Actualmente existe un interés, cada vez mayor, por cultivar camarón en el litoral del Golfo de México, lo cual se ve reflejado en el establecimiento de diversas granjas camaronícolas en esta región. Por tal motivo, el bicultivo ostión-camarón resulta una alternativa para fomentar la ostricultura en el Golfo de México. Para las granjas camaronícolas la

principal ventaja del bicultivo consiste en utilizar a los ostiones como filtro biológico, disminuyendo el elevado contenido de nutrientes que es vertido al medio natural. Además, el ostión se integraría a estas granjas como un producto que tiene mercado. Desde la perspectiva de la ostricultura, las ventajas son: el fomento de la actividad en la región del Golfo de México, la intensificación y avance tecnológico de los cultivos ostrícolas, el contar con una fuente de alimento masivo enriquecido por los nutrientes del agua de desecho de las granjas y la generación de oportunidades de trabajo e ingresos para las comunidades ribereñas cercanas a las unidades de producción camaronícola.

Los trabajos de bicultivo o policultivo que se han realizado con ostión y camarón aún no son abundantes. Sin embargo, estos estudios muestran la capacidad de los ostiones para aprovechar las microalgas y materia orgánica particulada y disuelta provenientes del agua de los estanques donde es cultivado el camarón, con resultados favorables de sobrevivencia y crecimiento. Jakob *et al.* (1993), Hopkins *et al.* (1993) y otros autores, obtuvieron excelentes resultados al cultivar *C. virginica* en granjas de camarón. Con base en estos trabajos, en el presente estudio se plateó el objetivo de determinar la factibilidad del cultivo de *C. virginica* en el sistema de drenaje de una granja camaronícola de camarón blanco *Penaeus vannamei* en Yucatán, México. Hasta ahora, en nuestro país no se había realizado un estudio semejante con *C. virginica*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de recolección de la semilla: se recolectaron semillas del ostión *C. virginica*, de la Laguna "La Redonda", Tabasco, con una talla de $31.67 \text{ mm} \pm 3.43 \text{ mm}$ de altura y $4.29 \text{ g} \pm 1.32 \text{ g}$ de peso húmedo total. La laguna "La Redonda" (Fig. 1, $18^{\circ}31'-18^{\circ}30' \text{ N}$ y $93^{\circ}25'-93^{\circ}30' \text{ W}$). La laguna tiene una dimensión de $5 \times 1.5 \text{ km}$. El clima del área es cálido húmedo, con lluvias en verano. La tem-

peratura media anual es de 26° C . La precipitación pluvial alcanza $1\ 500 \text{ mm}$ anuales. Los vientos dominantes proceden del NE o del SE con velocidad media de 5 a 8 km/h . Durante los meses invernales, se tienen fuertes lluvias y descenso de temperatura. La evaporación media anual es de 300 mm con máximos en octubre y mínimos en abril.

Recolección y transporte de las semillas: las semillas de *C. virginica* fueron extraídas de una granja ostrícola ubicada en la laguna La Redonda, Tabasco, México, de colectores hechos de cajas ostrícolas de plástico tipo Nestier. Su transporte, se realizó en recipientes isotérmicos sin agua, manteniendo la temperatura entre $16-18^{\circ} \text{ C}$ con hielo y conservándolas húmedas hasta las instalaciones del laboratorio de Biología Marina del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (I.P.N.) Unidad Mérida, Yucatán.

Periodo de aclimatación antes de la siembra: las semillas fueron limpiadas de fango y epibiontes. Se registró el peso húmedo total, longitud, altura y ancho de la concha de acuerdo con Galtsoff (1964). Antes de la siembra, la semilla se aclimató durante 8 días, alimentándola con *Isochrysis galbana*.

Área de siembra: la granja camaronícola de Industrias Pecis S. A. de C. V. (Fig. 1), se encuentra en Sisal, Yucatán, a 62 km de la ciudad de Mérida. Está constituida por 30 estanques de 1.5 ha de suelo cemento para la engorda intensiva de camarón blanco *Penaeus vannamei*. El área productiva total de engorda es de 45 ha . La engorda en cada estanque dura 15 semanas y en ellos se siembran 70 juveniles por m^2 de 0.5 g de peso. El crecimiento semanal alcanzado es de 0.85 g y el promedio final es de 12.65 g . En promedio, dos estanques se siembran y dos se cosechan cada semana, con un total de 90 estanques cosechados al año.

La producción alcanza 6.0 ton por hectárea.

Método de cultivo: se utilizaron cajas de polietileno-polipropileno tipo Nestier número

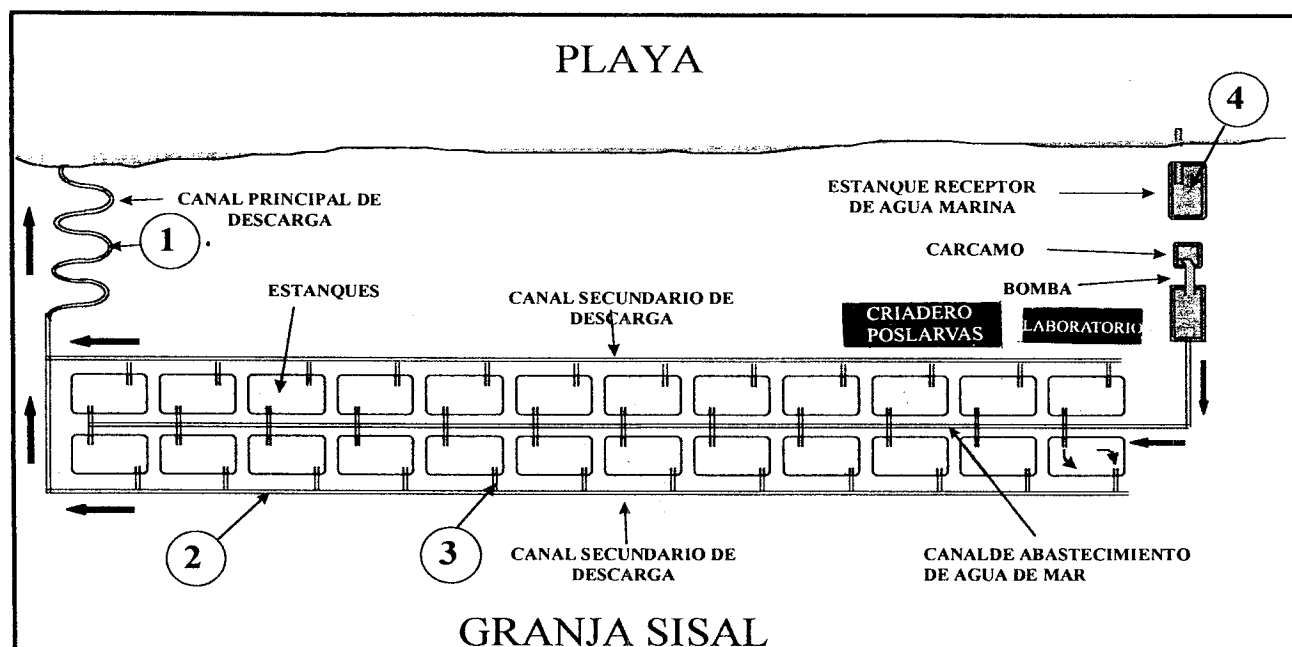


Fig. 1. Location of culture experiments and pond organization, Sisal, Yucatan, Mexico.

Fig. 1. Ubicación de experimentos de cultivo y organización de estanques, Sisal, Yucatán, México.

18-495, con 59 x 59 cm, 0.35 m² de superficie, 7 cm de altura, 1 886 perforaciones de 8 mm de diámetro, 1 250 g de peso y capacidad de carga de 7 a 8 kg de peso. Las 1 600 semillas se sembraron en cuatro sitios de la granja: 400 en el canal final de drenaje (S1), 400 en uno de los canales secundarios de drenaje (S2), 400 en la compuerta de drenaje de un estanque de engorda (S3) y 400 en el cárcamo o estanque receptor de agua marina limpia (S4), éstas últimas como grupo control (Fig. 1). Las semillas se sembraron en módulos de dos cajas ostrícolas, una inferior con 200 organismos (575 org/m²) y otra superior como tapa, sujetas a un flotador. Los módulos se limpiaron cada 15 días. Durante el periodo de cultivo (296 días), se evaluó el crecimiento, sobrevivencia y condición fisiológica de las semillas, así como la salinidad, temperatura, oxígeno disuelto (de 15: 00 hr y de 06: 00 hr), pH, transparencia, profundidad, velocidad de la corriente, sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos y número de células fitoplactónicas.

Variables ambientales: la salinidad, oxígeno disuelto y temperatura se registraron de manera puntual cada quince días, los registros de la transparencia, profundidad, sólidos suspendidos (totales, orgánicos e

inorgánicos), células fitoplanctónicas, velocidad de la corriente y pH, también fueron puntuales y se realizaron cada mes. La salinidad se midió *in situ* con un refractómetro marca Aquafauna de 1 ppm de precisión. La temperatura se registró con un termómetro de mercurio de escala de 0 a 100°C con ±1°C de precisión. El oxígeno disuelto (06: 00 y 15: 00 hr) fue determinado *in situ* con un oxímetro con precisión de ± 0.1 mg/l. Se determinó la transparencia en la columna de agua con un disco de Secchi con precisión de ± 0.05 m. La profundidad fue tomada con una vara de 3 m de longitud, con precisión de ±1 cm. Se determinó la velocidad de la corriente superficial (0.30 m) midiendo el tiempo en que un cuerpo en flotación (botella de plástico con agua hasta la mitad), recorría cierta distancia. Mensualmente, se tomaron muestras del agua superficial (0.30 m) de los sitios de siembra en botellas de plástico de 1 litro y se determinaron los sólidos suspendidos totales según la metodología propuesta por Boyd (1981). Se utilizaron filtros de fibra de vidrio Whatman tipo GF/C de 1,2 µm y 47 mm de diámetro. Cada uno fue colocado dentro de un filtro millipore receptor unido a un embudo y fue llenado repetidamente con 50 ml de muestra (previamente homogenizada), aplicándose

vacio para remover el líquido a través del filtro. El volumen filtrado fue modificado respecto al propuesto en la metodología (300 ml), por la gran cantidad de sólidos suspendidos y la rápida saturación del filtro, 150 ml fueron filtrados de cada muestra. El filtro se removió del embudo y se secó en una estufa a 105°C por 24 hr. Se puso a enfriar en un desecador y se pesó en una balanza analítica de 0.0001 g de precisión. Para determinar los sólidos suspendidos orgánicos, el filtro fue incinerado en una "mufla" a 550 °C durante una hora. Se dejó enfriar nuevamente en un desecador y se pesó con la balanza analítica. El peso perdido representó las partículas de materia orgánica en suspensión. El peso restante representó los sólidos suspendidos inorgánicos. Se realizaron conteos de células fitoplanctónicas por medio de microscopía óptica y epifluorescencia en cámaras Neubauer de 0.00025 ml. El pH se determinó *in situ* con un peachímetro con precisión de ± 0.2 unidades.

Crecimiento: mensualmente se midieron *in situ* el 10 % de los organismos de cada módulo y de cada una de las réplicas. Las mediciones se realizaron con un vernier de 1/10 mm para determinar longitud, altura y grosor de la concha, de acuerdo con Galsoft (1964). Se utilizó una balanza electrónica de 1/100 g de precisión, para la medición del peso húmedo total o peso vivo.

Se determinó la Tasa Instantánea de Crecimiento (T.I.C.) utilizando la siguiente fórmula:

$$T.I.C. = \frac{W_f - W_i}{t}$$

donde:

Wf = peso, altura, longitud o ancho (Galtsoff 1964) final.
Wi = peso, altura, longitud o ancho (Galtsoff 1964) inicial.

t = tiempo en días

El crecimiento mensual se determinó multiplicando T.I.C. X 30

Sobrevivencia: se realizó un conteo mensual de los organismos vivos de cada módulo y de sus réplicas, con lo cual se determinó la sobrevivencia hasta el término del estudio en

cada sitio de siembra, de acuerdo con la ecuación: Sobrevivencia = Número de sobrevivientes / Número total de organismos).

Índice de condición fisiológica (PCI): mensualmente se recolectaron 10 individuos de cada módulo, se registró su peso húmedo total en una balanza electrónica de 1/100 g de precisión. Los organismos se sacrificaron para separar el tejido blando de la concha. El peso seco, tanto de la concha como del tejido blando, se obtuvo a 100 °C durante 24 hr. Los pesos secos de concha y carne se cuantificaron en una balanza electrónica de 1/100 g de precisión. Para el cálculo del PCI se utilizó la fórmula siguiente: PCI = (Peso seco tejido blando (g) / Peso seco tejido concha (g)) * 100

Análisis estadísticos: cada módulo de cultivo representó una unidad experimental. Se emplearon dos módulos (original y réplica) en cada sitio de cultivo (cuatro sitios). Los resultados de crecimiento, sobrevivencia, condición fisiológica y variables ambientales fueron sometidos a un ANDEVA para verificar diferencias estadísticamente significativas entre los distintos sitios de cultivo y en el tiempo. Las variables ambientales y biológicas fueron sometidos a una correlación múltiple mediante el método estadístico de productos de momentos de Pearson, para observar el grado de relación lineal entre las variables.

RESULTADOS

Salinidad: se observó una salinidad promedio de 33.0 \pm 1.0 ppm en S1, de 29.7 \pm 2.5 ppm en S2, de 31.8 \pm 2.9 ppm en S3 y de 28.4 \pm 3.1 ppm en S4. Hubo poca variación de este parámetro entre los diferentes sitios de cultivo, excepto para S2 donde se observaron los valores más altos (Fig. 2-A).

Temperatura: en promedio, la temperatura en S1 fue de 28.7 \pm 0.6 °C, en S2 de 30.3 \pm 2.1 °C, en S3 de 29.2 \pm 0.8 °C y en S4 de 27.3 \pm 1.3 °C. Los valores más altos de temperatura se observaron en S2 (Fig 2-B).

Oxígeno disuelto: el oxígeno disuelto promedio promedio a las 15: 00 hr en S1 fue

de 8.7 ± 0.6 mg/l, en S2 fue de 9.9 ± 1.3 mg/l, en S3 fue de 12.1 ± 0.9 mg/l y en S4 fue de 6.5 ± 0.4 mg/l. El oxígeno disuelto de las 15: 00 hr presentó variación entre los diferentes sitios de cultivo, observándose los valores más altos en S3. El oxígeno disuelto promedio a las 06: 00 hr en S1 fue de 2.8 ± 0.4 mg/l, en S2 no hay registros, en S3 fue de 5.1 ± 0.8 mg/l y en S4 fue de 5.0 ± 0.7 mg/l. Los valores más altos de este parámetro a las 15: 00 hr se observaron en S3 (Fig. 2-C y 2-D).

Transparencia: en promedio la transparencia fue de 21.7 ± 7.6 cm en S1, de 21.7 ± 2.9 cm en S2, de 23.3 ± 5.8 cm en S3 y de 147.3 ± 41.9 cm en S4. Este parámetro varió considerablemente entre los diferentes sitios de cultivo, registrándose los valores más altos en S4 y los más bajos en S1 y S2 (Fig. 2-E).

pH: este parámetro tuvo un promedio en S1 fue de 8.2 ± 0.9 , en S2 fue de 8.0 ± 0.9 , en S3 de 8.2 ± 0.8 y en S4 de 8.2 ± 0.7 . No hubo variación significativa del pH entre los diferentes sitios de cultivo (Fig. 2-F).

Profundidad: se registró una profundidad promedio de 117.3 ± 4.2 cm en S1, 46.7 ± 8.0 cm en S2, 39.6 ± 0.5 cm en S3 y 185.8 ± 30.5 cm en S4. Los valores más altos se registraron en S1 y S4 y los más bajos en S2 y S3 (Fig. 3-A).

Velocidad de la corriente: este parámetro tuvo un promedio de 16.2 ± 1.1 cm/s en S1, en 22.5 ± 1.7 cm/s en S2, 33.6 ± 2.3 cm/s en S3 y 2.6 ± 0.5 cm/s en S4.

Los valores más altos se observaron en el sitio S4 (Fig. 3-B).

Células fitoplanctónicas: en S1 el número de células fitoplanctónicas promedio fue de 265333.3 ± 8326.7 cel/ml, en S2 de 148000.0 ± 18735.0 cel/ml, en S3 de 134000.0 ± 22102.0 cel/ml y en S4 de 23363.6 ± 3695.2 cel/ml. En el sitio S1 se registraron los valores más altos (Fig. 3-C).

Sólidos suspendidos: los sólidos suspendidos totales (SST) registraron en promedio 393.3 ± 32.0 mg/l en S1, 172.0 ± 36.7 mg/l en S2, 316.4 ± 144.9 mg/l en S3 y 242.9 ± 83.4 mg/l en S4. Los valores más bajos se observaron en S2 (Fig. 3-D). Respecto a los sólidos

suspendidos (SSO), se obtuvieron valores de 105.3 ± 9.0 mg/l en S1, de 62.7 ± 7.6 mg/l en S2, de 101.8 ± 32.9 mg/l en S3 y de 53.0 ± 22.4 mg/l en S4. Los valores más bajos se presentaron en S4 (Fig. 3-E). En cuanto al valor promedio de los sólidos suspendidos inorgánicos (SSI) se registraron valores de 288.0 ± 23.1 mg/l en S1, 109.3 ± 31.8 mg/l en S2, 215.6 ± 112.2 mg/l en S3 y 189.9 ± 61.5 mg/l en S4 (Fig. 3-F).

Crecimiento: A lo largo del período de estudio el incremento promedio mensual de las semillas en altura en S1 fue de 2.80 ± 0.0 mm/mes, en S2 fue de 1.72 ± 0.0 mm/mes, en S3 fue de 0.40 ± 0.74 mm/mes y en S4 fue de 2.05 ± 0.84 mm/mes. El incremento total de la altura en S1 fue de 3.18 mm (un mes de cultivo), en S2 de 1.95 mm (en un mes de cultivo), en S3 de 1.53 mm (en tres meses de cultivo) y en S4 de 20.88 mm (en 10 meses de cultivo) (Fig. 4-A, Cuadro 1). En términos de longitud, el crecimiento promedio mensual de las semillas alcanzó 2.90 ± 0.0 mm/mes en S1, 1.27 ± 0.0 mm/mes en S2, 0.19 ± 0.93 mm/mes en S3 y 1.14 ± 0.91 mm/mes en S4. El incremento total de la longitud en S1 fue de 3.29 mm (un mes de cultivo), en S2 de 1.44 mm (un mes de cultivo), en S3 de 1.23 mm (tres meses de cultivo) y en S4 de 11.33 mm (10 meses de cultivo) (Fig. 3-B, Cuadro 1). El crecimiento en grosor en S1 fue de 1.57 ± 0.0 mm/mes, en S2 de 0.82 ± 0.0 mm/mes, en S3 de 0.04 ± 0.75 mm/mes y en S4 de 0.97 ± 0.68 mm/mes (Fig. 4-C, Cuadro 2). El crecimiento promedio mensual de las semillas en peso húmedo total alcanzó 1.62 ± 0.0 g/mes en S1, 1.07 ± 0.0 g/mes en S2, 0.16 ± 0.20 g/mes en S3 y 1.21 ± 0.59 g/mes en S4. El incremento total del peso húmedo total en S1 fue de 1.83 g (un mes de cultivo), en S2 de 1.21 g (un mes de cultivo), en S3 de 0.13 g (tres meses de cultivo) y en S4 de 1.22 g (10 meses de cultivo) (Fig. 4-D, Cuadro 2).

Índice de condición fisiológica (PCI): las semillas fueron sembradas con un índice de condición fisiológica (PCI) seco inicial de $2.21\% \pm 0.67\%$. El PCI seco promedio en S1 fue de $2.93\% \pm 1.02\%$ (durante un mes de cul-

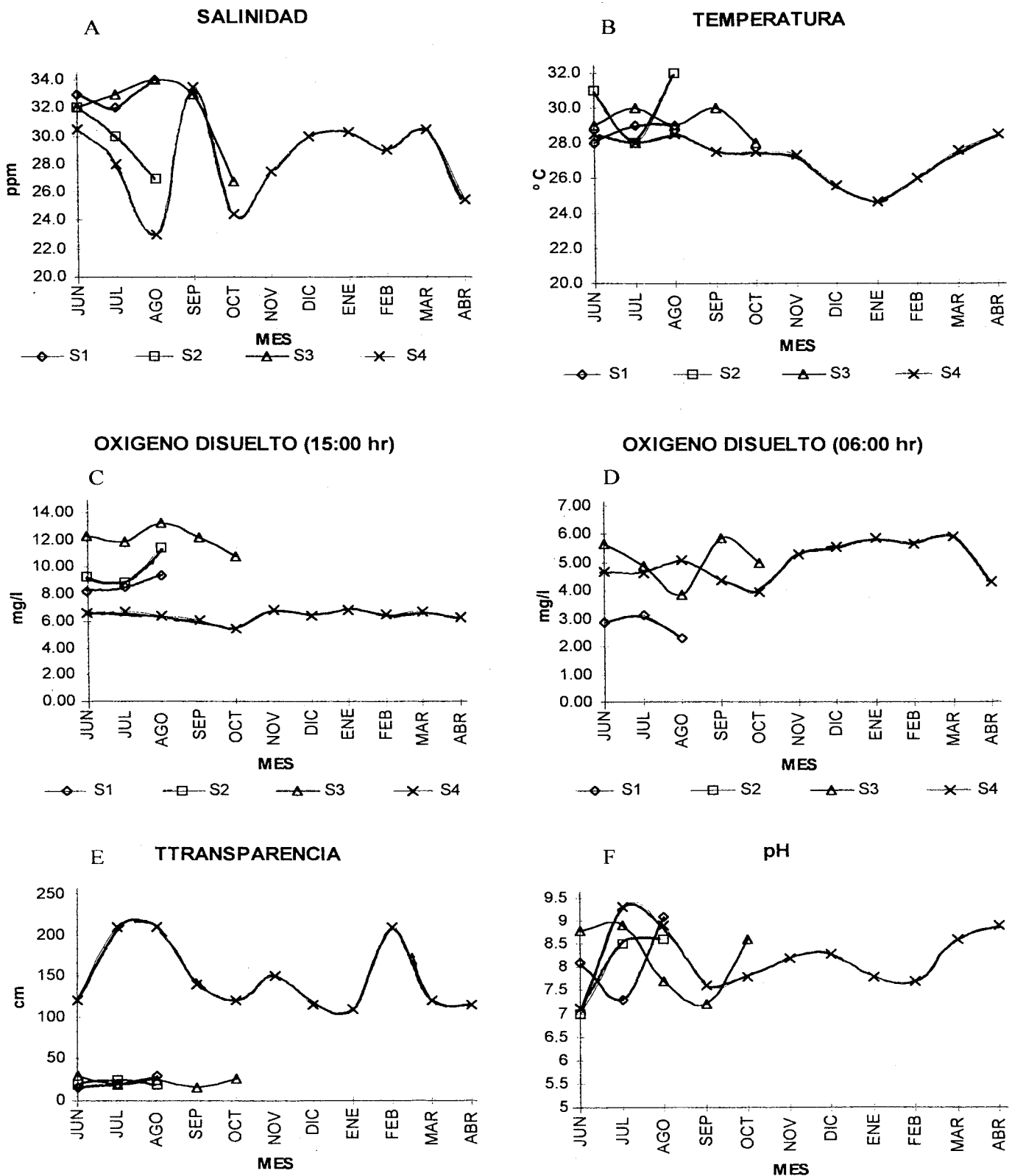


Fig. 2. Environmental variables. Final channel of discharge (S1), secondary channel of discharge (S2), pond floodgate of shrimp culture pond (S3) and marine water input pond (S4).

Fig. 2. Variables ambientales. Canal final de descarga (S1), canal secundario de descarga (S2), compuerta de estanque de engorda (S3) y estanque receptor de agua marina (S4).

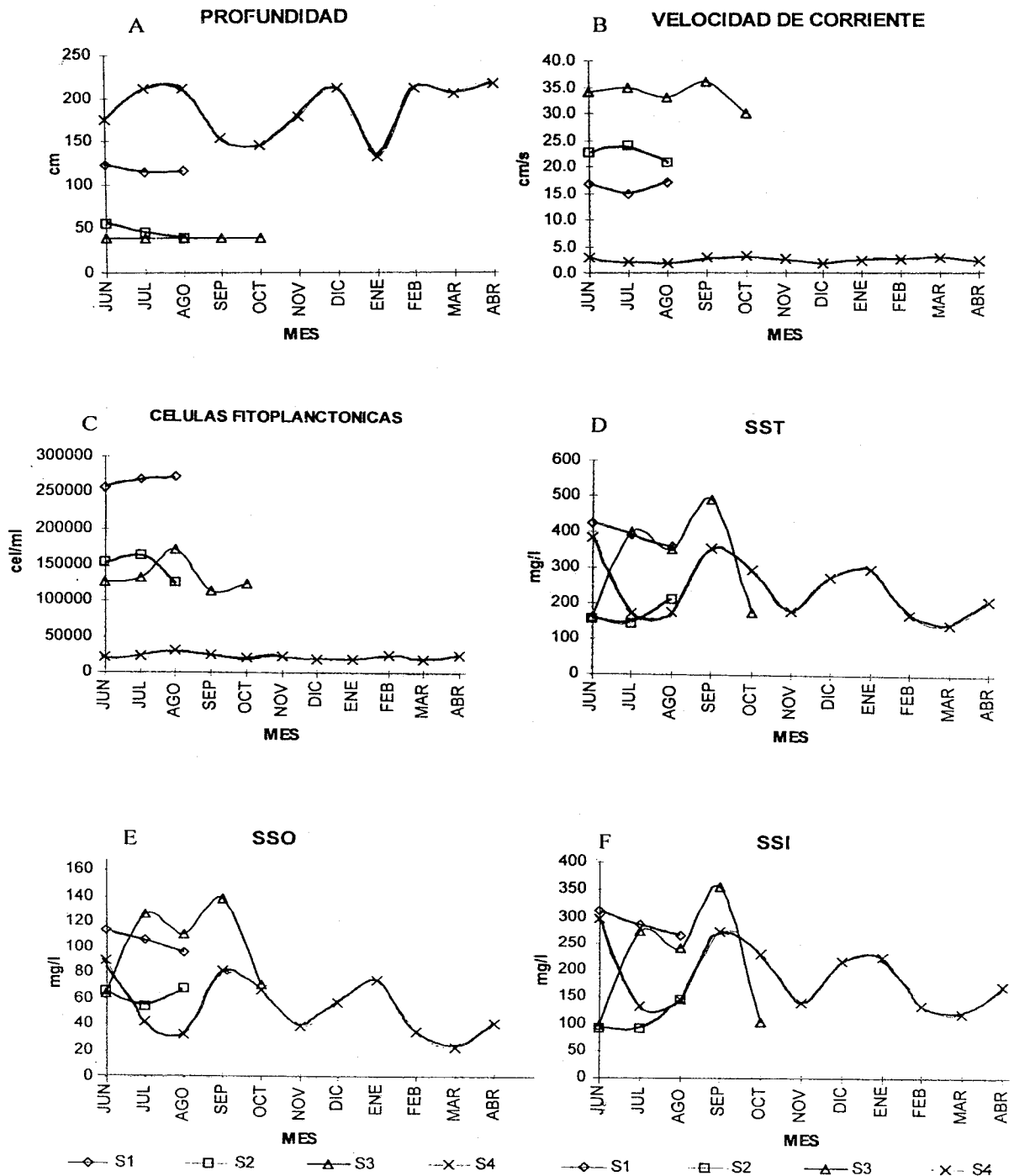


Fig. 3. Environmental variables. Final channel of discharge (S1), secondary channel of discharge (S2), pond floodgate of shrimp culture pond (S3) and marine water input pond (S4).

Fig. 3. Variables ambientales. Canal final de descarga (S1), canal secundario de descarga (S2), compuerta de estanque de engorda (S3) y estanque receptor de agua marina (S4).

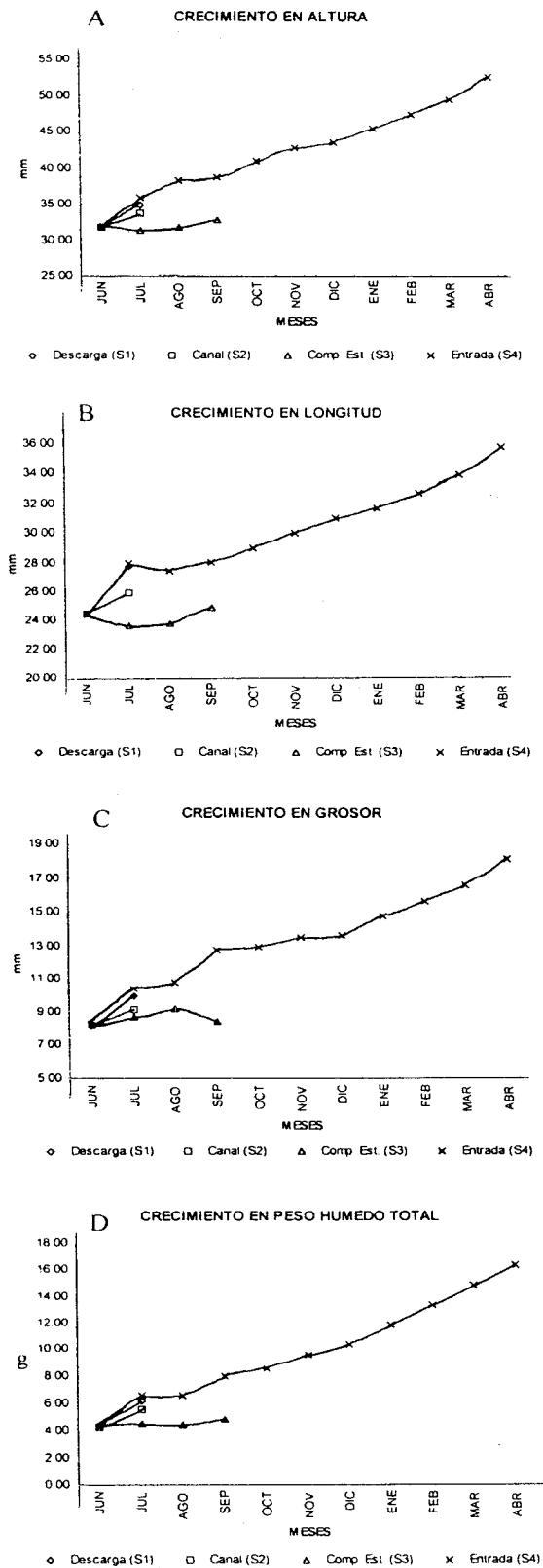


Fig. 4. Growth of *C. virginica*. Final channel of discharge (S1), secondary channel of discharge (S2), pond floodgate of shrimp culture pond (S3) and marine water input pond (S4).
 Fig. 4. Crecimiento de *C. virginica*. Canal final de descarga (S1), canal secundario de descarga (S2), compuerta de estanque de engorda (S3) y estanque receptor de agua marina (S4).

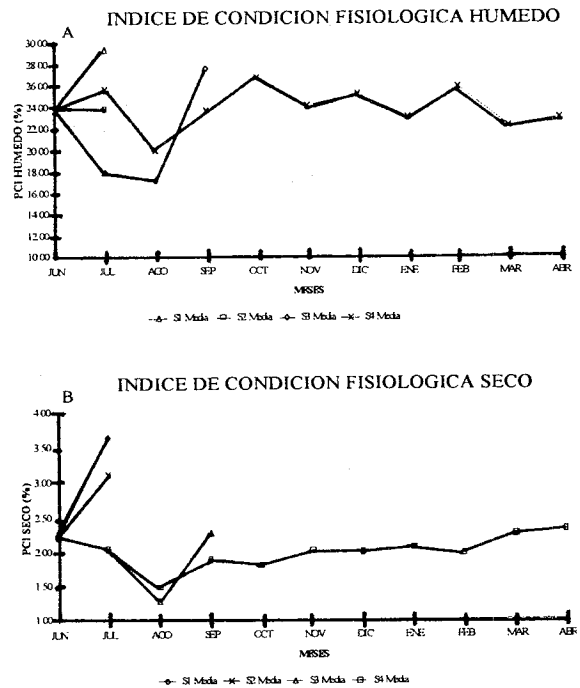


Fig. 5. Indexes of physiologic condition of *C. virginica*. Final channel of discharge (S1), secondary channel of discharge (S2), pond floodgate of shrimp culture pond (S3) and marine water input pond (S4).
 Fig. 5. Indices de condición fisiológica de *C. virginica*. Canal final de descarga (S1), canal secundario de descarga (S2), compuerta de estanque de engorda (S3) y estanque receptor de agua marina (S4).

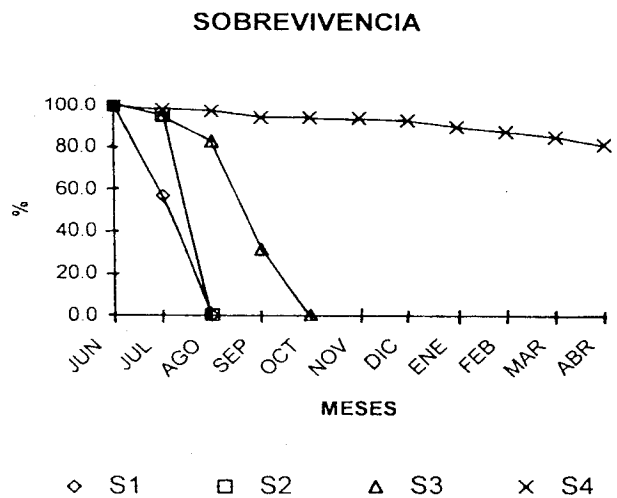


Fig. 6. Survival. Final channel of discharge (S1), secondary channel of discharge (S2), pond floodgate of shrimp culture pond (S3) and marine water input pond (S4).
 Fig. 6. Sobrevivencia. Canal final de descarga (S1), canal secundario de descarga (S2), compuerta de estanque de engorda (S3) y estanque receptor de agua marina (S4).

TABLE 1 (continued)

Parameters of growth in the four places of culture: main channel of drainage (S1), secondary channel (S2), floodgate of drainage of shrimp pond culture (S3), marine water input pond (S4).

CUADRO 1 (continuación)

Parámetros de crecimiento en los cuatro sitios de siembra: canal principal de drenaje (S1), canal secundario (S2), compuerta de drenaje del estanque de engorda (S3), estanque receptor de agua marina (S4).

Canal (S2)	MIN	15.0	21.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.44	2.90	--	
	MAX	34.0	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	T.I.C.	0.0	2.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	Media	24.46	25.90	b	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	D.E.	3.06	3.22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	N	400	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	MIN	15.0	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	MAX	34.0	32.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	T.I.C.	0.0	1.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.27	--		
Comp. Est. (S3)	Media	24.46	23.68	a	23.78	a	24.90	a	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.23	--		
	D.E.	3.06	2.83	--	3.14	--	2.40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	N	400	40	60	40	40	40	40	40	40	40	60	60	60	60	60	98	98	98				
	MIN	15.0	18.0	19.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0				
	MAX	34.0	30.0	33.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0				
	T.I.C.	0.0	-0.7	0.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.19	0.93		
Entrada (S4)	Media	24.46	27.98	b	27.45	bc	28.05	bc	29.00	cd	30.00	de	31.02	ef	31.72	fg	32.70	gh	33.97	h	35.80	i	11.33
	D.E.	3.06	2.66	--	2.86	--	3.03	--	3.05	--	2.89	--	4.54	--	4.41	--	4.37	--	4.57	--	4.13	--	
	N	400	40	40	40	40	40	40	40	40	40	60	60	60	60	60	60	60	60	60	98	98	
	MIN	15.0	23.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	24.0	25.0	25.0	22.0	23.0	23.0	23.0	23.0	24.0	24.0	25.0	25.0	29.0	29.0	
	MAX	34.0	38.0	34.0	38.0	39.0	38.0	39.0	39.0	40.0	40.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	50.0	52.0	52.0	52.0	44.0	44.0	
	T.I.C.	0.0	3.1	-0.5	0.6	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.6	0.7	0.7	0.7	0.7	1.0	1.3	1.6	1.6	1.14	0.91		

DE desviación estándar, N tamaño de muestra, MIN mínimo, MAX máximo, TIC tasa instantánea de crecimiento en mm/mes, IT incremento total, los índices indican diferencias estadísticamente significativas al 0.05.

tivo), en S2 fue de $2.66\% \pm 0.65\%$ (durante un mes de cultivo), en S3 fue de $1.94\% \pm 0.46\%$ (durante tres meses de cultivo) y en S4 fue de $2.00\% \pm 0.23\%$ (durante 10 meses de cultivo) (Fig. 5). Adicionalmente se registró el índice de condición fisiológica húmedo, que inicialmente fue de $23.68\% \pm 6.20\%$ y que a lo largo del experimento alcanzó en promedio $26.50\% \pm 4.0\%$ en S1, $23.71\% \pm 0.05\%$ en S2, $21.58\% \pm 4.95\%$ en S3 y $23.90\% \pm 1.91\%$ en S4.

Sobrevivencia: al finalizar los 296 días de cultivo (10 meses), la sobrevivencia en S1 y S2 fue de 0.0% a los 65 días de cultivo. En S2 la sobrevivencia fue de 0.0 % en 124 días de cultivo. Y en S4 se observó una sobrevivencia de 81.0 % a los 296 días de cultivo (Fig. 6).

DISCUSIÓN

La temperatura presentó una variación entre 24.7 y 32 °C en los cuatro sitios de cultivo, encontrándose los valores más altos de junio a agosto. La temperatura es el factor más importante en el ambiente de los ostiones, ya que controla directa o indirectamente el crecimiento y reproducción del organismo (Palacios y García 1988, Vázquez 1975, Loosanoff 1968, Sevilla 1959). Sin embargo, dado que la temperatura registrada en el presente estudio exhibió poca variación, no se la puede considerar como un factor que haya regulado nuestros resultados, sino más bien, se le considera una variable cuyos valores estuvieron dentro de un rango tolerable para *C. virginica*, favoreciendo su crecimiento y sobrevivencia a lo largo del cultivo. *C. virginica* tolera temperaturas extremas y un rango anual de -2 °C a 36 °C (Galtsoff 1964, Gunter 1954, Butler 1954). Fingerman y Fairbanks (1957, 1956) observaron una mortalidad importante y pérdida de peso en semillas expuestas a 41 °C. Se ha observado que la temperatura óptima para la fijación larval y el crecimiento en *C. virginica* es generalmente la misma a la que maduran las gónadas de los progenitores. Por lo que la temperatura de la granja no fue un factor limitante para el culti-

vo de *C. virginica*.

La salinidad varió de 24.5 a 34 ppm. Esta variación, que fue gradual, con valores menores a la entrada (S4) y mayores a la salida (S1), se debió a que en la entrada existe aporte de agua dulce subterránea. Algunos autores mencionan que el rango óptimo de salinidad para *C. virginica* es de 14 a 28 ppm (Palacios y García 1988, Galtsoff 1964, Chanley 1958), sin embargo este rango puede variar geográficamente, ya que *C. virginica* tiene una gran capacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes del medio. La semilla empleada en el presente estudio, viene de una laguna costera donde se han observado salinidades de hasta 12 a 37 ppm. Trabajos realizados en México con juveniles de *C. virginica*, muestran que estos crecen y se adaptan satisfactoriamente en salinidades mayores a 30 ppm. Aldana (1990) y Cabrera (1993) obtuvieron también buenos resultados de crecimiento, sobrevivencia y desarrollo gonádico con juveniles de *C. virginica* cultivadas en salinidades mayores a 30 ppm, con incrementos mensuales en altura de 6 mm y 3 mm respectivamente. Martínez *et al.* (1995) obtuvieron buenos resultados de crecimiento con salinidades similares. Con base en los resultados de estos autores y en la suposición de haber cultivado semillas con adaptación a altas salinidades, se considera que la salinidad no fue un factor limitante en nuestros resultados. Por otra parte, se ha visto que la alta salinidad afecta los procesos reproductivos en organismos adultos de *C. virginica* sin afectar su crecimiento, sin embargo, existen muy pocos datos sobre los efectos de la salinidad en la fisiología de juveniles de la especie (Shumway 1996). Resulta importante señalar que hay espacios vacíos en el conocimiento de la fisiología de dichos organismos, los cuales representan un campo abierto a la investigación.

El oxígeno disuelto de la compuerta del estanque de engorda de camarón (S3) presentó un rango amplio de variación de las 06: 00 hr a las 15: 00 hr, en contraste con las oscilaciones menores del estanque receptor de agua

marina. En el canal final de descarga se observa también una amplia variabilidad del oxígeno disuelto, mayor a la registrada en S3. Lo anterior puede estar relacionado a la existencia de una gran cantidad de nutrientes en el agua proveniente de estanques de engorda de camarones como mencionan Jakob *et al.* (1993). En S1 se encuentra la descarga de todos los estanques de la granja, por lo que el agua con mayor carga de materia orgánica trae consigo una menor cantidad de oxígeno. En tanto que en S3 y en S4 el agua se está renovando constantemente y está menos cargada de material orgánico. Cabrera (1993) reporta valores de oxígeno disuelto de 4.2 a 9.1 mg/l, mientras que Aldana (1990) reporta valores de 5 a 7 mg/l. Ambos autores obtuvieron buenos resultados de crecimiento con semillas de *C. virginica* cultivadas en lagunas costeras. Jorgensen (1983), menciona que el oxígeno disuelto presenta poca influencia sobre la fisiología de la ostra ya que sólo el 10 % de la disolución es removida por las branquias del ostión. Sin embargo las altas temperaturas causan trastornos a la ostra, al disminuir la cantidad de oxígeno disuelto, dado que este se encuentra disuelto en relación inversa a la temperatura. Lo mismo sucede cuando existen restos orgánicos en gran cantidad o cuando la contaminación del agua es grande.

La velocidad de la corriente resulta de interés al igual que los sólidos suspendidos totales y la profundidad, debido a su posible efecto sobre nuestros resultados.

La relación entre la velocidad de flujo del agua y el crecimiento de las ostras existe aunque el mecanismo parece complejo y requiere de mayor investigación. Manzi *et al.* (1986), Grizzle y Lutz (1989) observaron una relación positiva entre la velocidad de flujo de agua y el crecimiento de bivalvos en el medio natural. En contraste, Grizzle *et al.* (1992) encontró que el crecimiento de *C. virginica* en el laboratorio tuvo una relación negativa con la velocidad de flujo de 2-9 cm.s⁻¹, observando un mayor crecimiento (tres veces mayor al encontrado en flujos de

agua rápidos) en corrientes cuya velocidad fue de 1 cm.s⁻¹. En nuestro estudio, los mejores resultados de crecimiento se observaron en los sitios con menor velocidad de flujo, con una relación positiva. Sin embargo, los valores de la velocidad del flujo fueron irregulares debido al recambio del agua dependiente de las mareas y por lo tanto no fue posible comprobar estadísticamente dicha relación. El hecho de que se observaran los valores más altos de crecimiento en los sitios con menor velocidad de flujo resulta difícil de explicar. En el Sitio S1, donde la velocidad de flujo fue mayor respecto a S4, el mayor crecimiento se debió quizás a la gran cantidad de material nutritivo presente. Es difícil determinar el efecto de la velocidad de flujo sobre los ostiones cultivados en los diferentes sitios de cultivo debido a su variabilidad. En otros trabajos se ha visto que la relación positiva entre el crecimiento y la velocidad del flujo se relaciona con un incremento en la cantidad de alimento presente. Sin embargo, existe un límite en la velocidad del flujo de agua (10 cms⁻¹), después del cual el proceso de la alimentación en las ostras se ve inhibida por el transporte excesivo de material en suspensión (Wildish *et al.* 1987). Son necesarios más estudios al respecto.

A la profundidad se le atribuye un efecto indirecto sobre nuestros resultados. Frecuentemente, cuando en marea baja no era bombeaba agua a los estanques de engorda de camarón, los ostiones sembrados en los canales (S1 y S2) permanecían sumergidos en una columna de agua de escasos centímetros, lo cual pudo contribuir a un aumento considerable de la temperatura y disminución del oxígeno disuelto en ciclos de 24 horas o menos.

Fisher *et al.* (1996), mencionan que la temperatura, salinidad, y oxígeno disuelto son los principales factores que afectan la fisiología de los ostiones, por lo que recomiendan monitoreos diarios. Nuestros monitoreos de estas fueron de quince días, por lo que los resultados deben interpretarse con cuidado. El recambio de agua de la granja camaroníco-

la es irregular, dado que la actividad de bombeo de agua depende de las mareas, afectando el flujo del agua y profundidad en los canales de drenaje, así como la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto del agua. Por lo que es necesario estudiar la variabilidad de estos parámetros en ciclos de 24 horas, para determinar si representan un factor de estrés para *C. virginica*, que pueda limitar su crecimiento y contribuir a una baja sobrevivencia. La semilla sembrada en S4 presentó los mejores resultados de crecimiento y sobrevivencia debido a que en el existían condiciones más apropiadas de temperatura, oxígeno disuelto y salinidad, pero también porque las fluctuaciones diarias de estas variables fueron menos marcadas.

El crecimiento de las semillas fue bajo respecto a los resultados obtenidos en otros trabajos similares. Jakob *et al.* (1993) al cultivar *C. virginica* en estanques de engorda de camarón *P. vannamei* lograron un crecimiento en peso húmedo total de 8 g/mes. En nuestro estudio el crecimiento alcanzado fue de 0.16 a 1.62 g/mes. Esta diferencia se debió quizá a que los autores cultivaron las ostras en un sistema que controlaba perfectamente el flujo del agua y el oxígeno disuelto (de 4-6 mg/l), además se evitó la presencia de biofouling por fotosíntesis manteniendo los ostiones en ausencia de luz. Hopkins *et al.* (1993) cultivaron semillas de *C. virginica* dentro de estanques de engorda de la misma especie de camarón, obteniendo excelentes resultados, con un incremento en talla (altura) de 6.48 mm/mes. En contraste, la tasa más alta de incremento mensual en talla obtenida por nosotros fue de 2.80 mm/mes. Cabe hacer notar que los autores utilizaron camas en lugar de cajas ostrícolas, que el cultivo de las semillas se realizó dentro de estanques de engorda y no en el sistema de drenaje, desconociéndose la densidad de siembra utilizada. Aldana (1990) obtuvo 7 mm/mes con *C. virginica* cultivada en una laguna costera utilizando un método de cultivo similar al nuestro. La sobrevivencia tuvo un valor aceptable en el sitio S4 (81.0 %), bastante cercano

a los obtenidos en los trabajos citados anteriormente (79% y 95%, respectivamente). Para los sitios S1, S2 y S3, los valores de sobrevivencia fueron bastante malos (0%) al cabo de 30, 30 y 120 días de cultivo, respectivamente. Esta baja sobrevivencia se atribuye a la muerte por asfixia de las semillas debido a su sepultamiento por el sedimento, y esto en relación con la densidad de cultivo empleada y la capacidad de carga desconocida de las cajas ostrícolas.

Jones y Preston (1999) cultivaron ostión de roca *Saccostrea commercialis* como biofiltro para el efluente de un cultivo de camarón *P. japonicus* y observaron buenos resultados en la reducción (a 80%) de materia orgánica e inorgánica del efluente. Estos autores emplearon ostiones de 55 g de peso vivo para su estudio y no reportan resultados de crecimiento. Shpigel y Blaylock (1991) y Shpigel *et al.* (1993) realizaron estudios con *C. gigas*, utilizándolo como biofiltro para estanques de cultivo de peces, con buenos resultados. Esta especie resulta un buen candidato para este tipo de cultivos, por su gran adaptabilidad, sin embargo son muy sensibles a los sólidos suspendidos y a la temperatura.

Las diferencias entre las metodologías (densidad de siembra, control del flujo de agua, sitios de cultivo) empleadas en los pocos trabajos encontrados similares al presente, dificulta la comparación de sus resultados con los nuestros. Sin embargo, todos estos tienen en común la observación de que los ostiones son capaces de crecer y aprovechar los nutrientes provenientes de los estanques de engorda de camarón. Y que los niveles de sobrevivencia y crecimiento están en función de las variaciones ambientales presentes en los sitios de siembra. En nuestro estudio, se obtuvo un crecimiento diferencial respecto a los sitios de cultivo, debido a la disimilitud de las condiciones ambientales de un sitio a otro. El crecimiento fue bajo en todos los sitios, debido probablemente a la alta densidad de siembra utilizada y/o al método de cultivo.

El bicultivo ostión-camarón permite

emplear densidades de siembra mayores a las tradicionales sin invertir en costosos cultivos de microalgas para alimentar a los ostiones, minimizando los problemas de depredación, parasitismo y contaminación. Es necesario llevar a cabo futuros estudios donde se prueben diferentes densidades de siembra y otros métodos de cultivo. Esto permitirá encontrar tecnologías apropiadas que satisfagan los requerimientos fisiológicos de juveniles de ostión utilizados cultivados como biofiltros en las granjas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo financiero del proyecto CEE-CII*0432ME(JR), CONACyT-2521P-B9509, Caracterización biológica, fisiológica y genética de las poblaciones del ostión *Crassostrea virginica* en el Golfo de México, de la Beca- CONACyT No. 117042 y el Fondo de Yucatán. Se agradece el apoyo incondicional de los directivos de la granja PECIS, S.A., por facilitar sus instalaciones para este trabajo, y a Evodio Merino y el personal de la granja por su valiosa ayuda.

RESUMEN

Se sembró un lote de 1 600 semillas de *Crassostrea virginica*, provenientes de Tabasco, México, en Yucatán, México, así: canal principal de drenaje (S1), canal secundario de drenaje (S2), compuerta de un estanque de engorda de camarón blanco *Pennaeus vannamei* (S3) y estanque de abastecimiento de agua marina (S4). Las semillas, con una altura y peso húmedo total iniciales de 31.67 mm \pm 3.43 mm y 4.29 g \pm 1.32 g respectivamente, fueron sembradas en cajas ostrícolas tipo Nestier en un cultivo en suspensión con densidad de siembra de 575 org/m². Al cabo de 296 días de cultivo, la semilla cultivada en S4 alcanzó una altura y peso húmedo total de 52.55 mm \pm 7.51 mm y 16.30 g \pm 4.94 g respectivamente. El índice de condición fisiológica a lo largo del experimento tuvo una variación de 1.26 % a 3.45 %. Para el sitio S4 se obtuvo una sobrevivencia de 81.0 %. En los demás sitios la mortalidad fue total a los 90 días de cultivo.

REFERENCIAS

- Aldana A., D. 1990. Crecimiento del ostión americano *Crassostrea virginica* Gmelin (1791) en la ría de Río Lagartos, Yucatán, México. VII Simposium Internacional de Biología Marina: 36-50.
- Anónimo. 1996. Anuario Estadístico de Pesca 1995. SEMARNAP (Secretaría de Ambiente, Recursos Naturales y Pesca), 1a. edición. México. 235 p.
- Butler, P.A. 1954. Summary of our knowledge of the oyster in the Gulf of México. Fish. Bull. 55: 479-489.
- Cabrera, R. P. 1993. Crecimiento y sobrevivencia del ostión americano *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) en San Felipe, Río Lagartos, Yucatán, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. Mérida, Yucatán.
- Chanley, P.E. 1958. Survival of some juvenile bivalves in water of low salinity. Proc. Natl. Shellfish. Assoc. 48: 52-65.
- Hopkins, J.S., R.D. Hamilton II, P.A. Sandifer & C.L. Browdy. 1993. The production of bivalve mollusks in intensive shrimp ponds and their effect on shrimp production and water quality. WORLD-AQUACULT. 1993, 24: 74-77.
- Jakob, S. J., G.D. Pruder, Wang Jaw-kai. 1993. Growth trial with the american oyster *Crassostrea virginica* using shrimp pond water as feed. J. World Aquacul. Soc. 24: 344-351.
- Fingerman, M. & L.D. Fairbanks. 1956. Bleeding and heat death in the southern oyster. Comm. Fish. Rev. 18(10): 4-5.
- Fingerman, M. & L.D. Fairbanks. 1957. Heat death and associated weight loss of the oyster *Crassostrea virginica*. Tulane Studies in Zoology and Botany 5: 55-68.
- Fisher, W. S., J.T. Winstead, L.M. Oliver, H.L. Edminston & G.O. Bailey. 1996. Physiologic variability of Eastern oyster from Apalachicola Bay, Florida. J. Shellf. Res. 15: 543-553.
- Galtsoff, P.S. 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. Fish. Bull. 64: 1-480.
- Grizzle, R.E., R. Langan, & W.H. Howell. 1992. Growth responses of suspension-feeding bivalve molluscs to changes in water flow: differences between siphonate and nonsiphonate taxa. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 162: 213-228.
- Grizzle, R.E. & R.A. Lutz, 1989. A statistical model relating horizontal seston fluxes and bottom sediment characteristics to growth of *Mercenaria mercenaria*. Mar. Biol. 102: 95-105.

- Gunter, G. 1954. The problem in oyster taxonomy. Syst. Zool. 3: 134-137.
- Jones, A.B. & N.P. Preston. 1999. Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughley), filtration of shrimp farm effluent: the effects on water quality. Aquaculture Research 30: 51-57.
- Jorgensen, C. B. 1983. Fluid mechanical aspects of suspension feeding. Mar. Ecol. Prog. Ser. 11: 89-103.
- Loosanoff, V. L. 1968. Maturation of gonads of oyster *Crassostrea virginica* at different geographical areas subjected to relatively low temperatures. Veliger 11: 153-162.
- Manzi, J.J., N.H. Hadley & M.B. Maddox. 1986. Seed clam, *Mercenaria*, culture in an experimental-scale upflow nursery system. Aquaculture 54: 301-311.
- Martínez, I., D. Aldana, T. Brulé & E. Cabrera, 1995. Crecimiento y desarrollo gonadal del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) (Mollusca Ostreidae), en la Península de Yucatán México. Avicennia. (3): 61-75.
- Palacios, F.M. & S. García. 1988. Manual técnico para la operación de centros acuícolas productores de ostión. Comité Coord. para la operación acuícola. Sria. de Pesca. México.
- Sevilla, M. L. 1959. Datos biológicos para el cultivo de ostión en Guaymas, Sonora. SIIC Dir. Gral. de Pesca.
- Shpigel M. & R.A. Blaylock. 1991. The Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, as a biological filter for a marine fish aquaculture pond. Aquaculture. 92: 187-197.
- Shpigel M., J. Lee, B. Soohoo, R. Fridman & H. Gordin. 1993. Use of effluent water from fish-ponds as a food source for the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. Aquaculture and Fisheries Management 24: 529-543.
- Shumway, S. E. 1996. The eastern oyster *Crassostrea virginica*: Natural environmental factors. In:**** Kennedy, V. S.; I. E. N. Roger, and A. F. Eble (eds.) Cap. 13: 467-513.
- Vazquez, A. 1975, Estudio de fijación del ostión de mangle *Crassostrea rhizophorae* sobre colectores de mangle rojo. Res. Invest. Cuba. 2: 71-73.
- Wildish, D.J., D.D. Kristmanson, R.L. Hoar, A.M. DeCoste, S.D. McCormick & A.W. White. 1987. Giant scallop feeding and growth responses to flow. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 113: 207-220.