EL USO DE LOS INVERNADEROS COMO UNA ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN CAMARONERA EN ECUADOR

Jorge Calderón V., Ph.D. y Stanislaus Sonnenholzner, Ph.D.
Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM)

INTRODUCCIÓN

Entre diciembre del 2001 y mayo del 2002 se realizaron dos series de experimentos para evaluar el efecto de las temperaturas altas en la supervivencia y el crecimiento del camarón. Los invernaderos fueron construidos en estanques de 580 m^2 (promedio) de espejo de agua. Los invernaderos consisten en estructuras simples (madera y cabos).

El agua en los estanques fue filtrada a través de tres mallas, 600, 400 y 120 μm. No se realizó recambio de agua durante el cultivo. La temperatura del agua en los estanques se mantuvo alrededor de los 33ºC durante todo el experimento, y fue entre 3 y 4ºC mayor que la de los estanques que no tienen cubierta plástica (Fig 1).

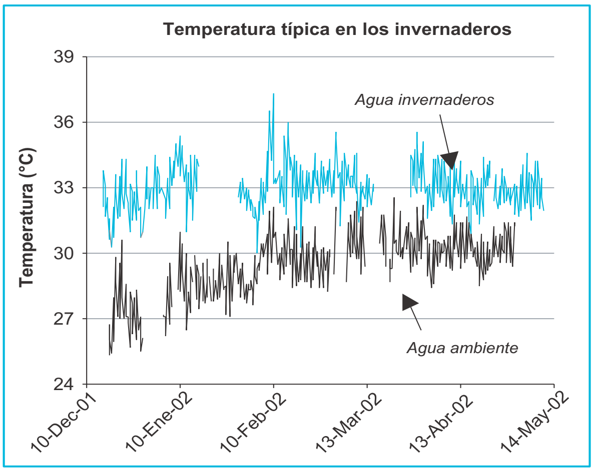

Figura 1. *Variaciones de la temperatura del agua de estanques con y sin cubierta plástica, entre diciembre del 2001 y mayo del 2002.*

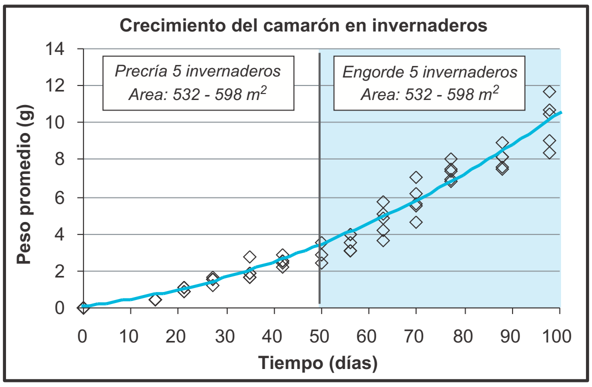

Figura 2. *Crecimiento del L. vannamei en los invernaderos. Fase de precría con densidades de siembra entre 91 y 192 y para engorde entre 24.5 y 42.2*

Tanto la fase de precría como la de engorde tuvieron una duración de siete semanas cada una. Los estanques fueron sembrados a distintas densidades. En la fase de precría se probaron densidades entre 91 y 192 ind/m^2. En la fase de engorde las densidades fluctuaron entre 24.5 y 42.2 ind/m^2. En este trabajo, presentamos los resultados de las dos pruebas de precría y los correspondientes al engorde con densidades de siembra de 40 ind/m^2. La figura 2 muestra los pesos promedios semanales registrados a partir de la fecha de siembra y transferencia, respectivamente.

La tasa promedio de crecimiento es 0.42 g/sem para la precría y 1.0 g/sem para el engorde. Los datos de crecimiento agrupados muestran un comportamiento no lineal y son descritos por:

$$Y = 0.0007x^2 + 0.0292x + 0.0932;$$
$$R^2 = 0.9952$$

Donde Y está dado en gramos y X en días.

Cada invernadero fue provisto de aireadores eléctricos de 2 HP del tipo venturi (Aire O_2). Los valores inferiores a 2 mg/l concuerdan con suspensiones del suministro de electricidad y fallas del sistema de generación de emergencia (Figura 3).

La supervivencia en la fase de precría fue 70% y en la de engorde 64%.

El factor de conversión alimenticia fue de 1.6. Las condiciones de alta temperatura y humedad ambiental dentro de los invernaderos hace que la operación de alimentar sea poco eficiente con los sistemas tradicionales.

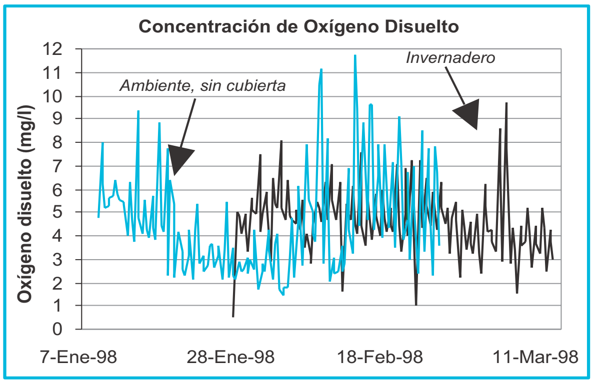

Figura 3. *Variaciones de la concentración de oxígeno disuelto en estanques experimentales con y sin cubierta plástica.*

ESCALAMIENTO

Basados en los resultados de los experimentos, descritos en forma sucinta en la introducción, se decidió escalar las facilidades a unidades de producción de 0.25 ha promedio.

Se construyeron tres invernaderos que cubren estanques con espejo de agua de 0.23 (42 x 55 m), 0.26 (47 x 56 m) y 0.3 (49 x 62 m) ha. La idea fue diseñar un sistema que se pudiera ampliar modularmente hasta cubrir un máximo de 1 ha, añadiendo secciones de 50 x 50 m².

Tabla II. *Costos de materiales y mano de obra para la construcción de invernaderos de 0.25, 0.5 y 1 ha.*

	0.25 ha		0.50 ha		1 ha	
	Materiales	Mano de Obra	Materiales	Mano de Obra	Materiales	Mano de Obra
Anclas lateras	195	339	376	651	736	1,276
Anclas compuertas	120	130	120	130	120	130
Pilares	462	134	996	289	2,169	630
Estructura Metálica	729	400	1,367	750	2,643	1,450
Estructura de cabos	326	135	653	270	1,306	540
Techo	1,856	464	3,640	909	7,209	1,801
Puertas	20	45	20	45	20	45
Subtotal	3,709	1,646	7,171	3,044	14,203	5,871
TOTAL	5,356		10,215		20,075	
Costo x m²	2.14		2.04		2.01	

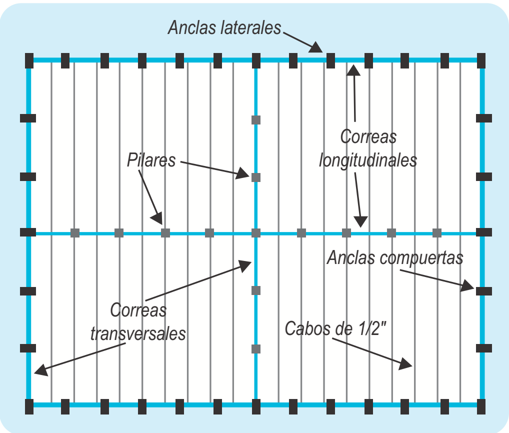

Figura 4. *Diagrama de los principales elementos estructurales de los invernaderos de 0.25 ha.*

Los principales componentes del invernadero se encuentran esquematizados en la Figura 4 y listados en la Tabla I.

La Tabla II presenta los costos desglosados en materiales y mano de obra. Los costos para los invernaderos de 0.5 y 1 ha han sido desglosados a partir de los costos de la construcción de los invernaderos de 0.25 ha.

Tabla I. *Materiales empleados en la construcción de los invernaderos. Las cantidades para los invernaderos de 0,5 y 1 ha han sido extrapolados de la experiencia en la construcción de los de 0.25 ha.*

	0.25 ha	0.5 ha	1 ha
# Anclas laterales (hormigón)	26	50	98
# Anclas compuertas (hormigón)	10	10	10
# Pilares (PVC y correas hierro)	13	28	61
Plástico techo m²	2,736	5,366	10,628
Plástico compuertas m²	117	117	117
# Correas longitudinales	30	60	120
# Correas transversales	18	30	54
Otros materiales			
Pintura anticorrosiva (gal)	3	6	12
Varillas hierro # 10	4	8	16
Estructura de cabos			
Cabo de 1/2" (m)	1050	2100	4,200
Grilletes de 1/2"	164	328	656
Guardacabos 1/2"	128	256	512

El plástico utilizado es UV térmico de 8/1000 de pulgada. Si este espesor es reducido a 6/1000 de pulgada se obtiene un reducción del 25% en el costo del plástico. Es necesario verificar que esta reducción no afecte la vida estimada de este material, que en este proyecto es de dos años. De igual manera la substitución de los cabos de 1/2" por cable de acero de 5mm implicaría una disminución del 50% de los costos en este rubro.

Detalles de los elementos del invernadero constan en la Figura 5.

Los costos de la estructura de los pilares que van dentro del estanque son altos. Estas estructuras están compuestas de un plinto de hormigón de 0.6 x 0.6 x 0.2 m³, un tubo de PVC de 6" de diámetro y 3 m de longitud y una correa metálica de 8 cm x 4 cm y 6 m de longitud. Estructuras alternativas reducirían los costos, sin embargo el concepto básico de estos tres elementos facilitó la construcción en la temporada de lluvias.

La utilización de correas de 8 cm x 4 cm y 6 m soldadas a las anclas laterales permitió templar la cubierta plástica con relativa facilidad. El plástico fue enrollado en una platina de 4 cm x 6 m e insertada en el canal de la correa metálica.

Los plásticos para invernaderos deben permitir una buena difusión de ondas de la banda de la luz visible hacia el interior del invernadero y retener la radiación infrarroja (onda larga) para lograr el mejor efecto invernadero. Estos plásticos son por lo general de polietileno y son denominados por los fabricantes como "*térmicos*".

Figura 5. *Algunos de los detalles de construcción de los invernaderos de 0.25 ha.*

A. *Vista Aérea*
B. *Vista Lateral*
C. *Vista Interior*
D. *Detalle de la Estructura*
E. *Estructura Central*
F. *Estructura en los Extremos*
G. *Ancla Lateral*
H. *Pilares PVC*
I. *Refuerzos Laterales*
J.*Templadores*

Estos plásticos pueden también ser denominados como blanquecino perlado o "lechoso" y amarillo-verdoso. Este material debe poseer una alta resistencia foto-oxidativa para incrementar el tiempo de vida del plástico. A más de las propiedades ópticas, los plásticos deben poseer propiedades mecánicas (resistencia a la tracción y alargamiento en el punto de rotura, resistencia al rasgado, resistencia al impacto, entre otras) para enfrentar los factores del clima. Estos plásticos también poseen aditivos especiales para retener la luz ultravioleta (270-400 nm), lo cual también contribuye a la resistencia foto-oxidativa. El grosor del plástico es especificado en milésimas de pulgada. Un calibre 8 significa 8 milésimas de pulgada y su equivalente en el sistema métrico es 200 μm. El grosor del plástico por lo general no afecta la transmisión de luz, pero sí el costo del mismo. Los fabricantes venden el plástico por kilogramos. Un plástico calibre 8 tiene un rendimiento de aproximadamente 5.2 m^2 por kilogramo, mientras que un calibre 6 rinde aproximadamente 7.1 m^2 por kilogramo. El costo de los plásticos arriba mencionados en el mercado nacional oscilan entre U$2.2 a U$3.0 por kilogramo. El tiempo de vida de los plásticos con las propiedades arriba anotadas y especificado por los fabricantes es de 18 a 24 meses.

El plástico fue ensamblado en paños de 11 m x 55 m, soldando dos secciones de 5.5 m de ancho. Para esto se empleó una selladora de calor. Cada 5.5 m se insertó en canales sellados al calor un cabo de 1/2" para templar el plástico. El ancho de 5.5 m está dado por la imposibilidad del fabricante para suministrar paños de 6 m de ancho, que sería lo más adecuado.

Cabos de polipropileno de 1/2" fueron templados desde el caballete central hasta las correas laterales en intervalos de 3 m.

El plástico fue perforado en los lados para permitir que el agua de lluvia desagüe hacia el interior del estanque, evitando que se acumule y ejerza tensiones adicionales en el plástico.

Tabla III. *Costos en las fases de precría y engorde en estanques – invernaderos de 1 ha.*

Costos de Producción Precría: 1 ciclo			
Fase I 1 ha	10,000 m^2		
Duración del ciclo I	7.0 semanas		
Peso estimado de cosecha	3.0 g		
Supervivencia	65 %		
Densidad de siembra ind/m^2	250 ind/m^2		
Individuos a sembrarse	**2,500,000**		
FCA	1.20		
Alimento	5,850 Kg	$0.58/Kg	$3,370
Diesel (4 aireadores)	1.00 gal/h	$0.90/gal	$1,054
Larva		1.80	$4,500
DEPRECIACIÓN	COSTO	T VIDA AÑOS	COSTO/CICLO
Invernaderos			
plástico	$7,800	2	$650
estructura	$11,000	4	$458
Aireadores (4 x 8HP)	$8,736	5	$291
SUBTOTAL COSTOS			**$10,323**

Costos de Producción-Engorde			
Fase II 1 ha	10,000 m^2		
Duración del ciclo II	7.0 semanas		
Peso estimado de cosecha	10 g		
Supervivencia	75 %		
Densidad de siembra ind/m^2	80 ind/m^2		
Individuos a sembrarse	**800,000**		
FCA	1.20		
Alimento	7,200 Kg	$0.52/Kg	$3,744
Diesel (4 aireadores)	1.00 gal/h	$0.90/gal	$1,054
DEPRECIACIÓN	COSTO	T VIDA AÑOS	COSTO/CICLO
Invernaderos			
plástico	$7,800	2	$650
estructura	$11,000	4	$458
Aireadores (4 x 8HP)	$8,736	5	$291
Subtotal			**$6,197**

Tabla IV. *Costos de producción de una granja intensiva de 9 ha.*

Inversiones y Costos para un Sistema de 9 ha		
Costos de producción	1 ciclo	6 ciclos/año
Alimento	32,573	195,436
Energía (diesel/electricidad)	9,483	56,899
Larva	13,500	81,000
Depreciación		
Invernaderos		
Plástico	5,849	35,099
Estructura	4,124	24,749
Aireadores (32HP)	2,621	15,725
Costo de cosecha (U$ 10/1000 lb)	792	4,752
Personal	3,650	21,900
Gastos de Administración	8,000	48,000
Subtotal Costos de Producción	68,943	**483,561**
Costos Financieros (14%)	3,254	19,528
Total Costos producción anual	80,593	**503,089**

Tabla V. *Rentabilidad anual de un sistema intensivo estanque-invernadero de 9 ha, antes de costos de personal, administración, reparto de utilidades e impuestos.*

Precio del camarón 80/100	Ingreso Bruto*	Costos	**Ingreso Neto**
$ 2.8 / Kg	$ 604,800	$ 503,089	**$ 101,711**
$ 3.0 / Kg	$ 648,000	$ 503,089	**$ 144,911**
$ 3.3 / Kg	$ 712,800	$ 503,089	**$ 209,711**

** Producción Total Anual:216,000 Kg.*

ESQUEMA DE PRODUCCIÓN INTENSIVA.

Con el propósito de ilustrar esta alternativa asumiremos una camaronera compuesta de nueve estanques de 1 ha.

Todos los estanques tienen cubierta plástica y aireadores por un total de 32 HP. El alimento utilizado en la primera fase contiene 35% de proteína y el de la segunda fase 28%. La Tabla III contiene los costos de producción de un estanque-invernadero de precría de 1 ha y uno de engorde de 1 ha.

El sistema tiene tres estanques dedicados a la Fase I (precría) y seis estanques para la Fase II (engorde). Se ha considerado que un ciclo de producción tiene una duración de 15 semanas, incluyendo una semana para el llenado y mantenimiento de los sistemas. Además, hemos considerado seis ciclos de producción anual, quedando un total de cuatro semanas para imprevistos.

En esta estrategia el costo del alimento balanceado representa más del 50% del costo total de producción (Tabla IV). Las inversiones para transformar un estanque tradicional de 1 ha se presentan a continuación. Asumimos que la infraestructura (estanque, compuertas y suministro de agua) existe y está amortizada.

Inversiones:	
Invernaderos	*169,193*
Aireadores	*78,624*
	247,817

La situación de los precios del camarón hace que la determinación de la rentabilidad de esta opción dependa fuertemente en el comportamiento que esta variable tenga en el futuro. En la Tabla V presentamos tres escenarios.

Existe la posibilidad de incrementar la densidad de siembra para tener mayores rendimientos en cada invernadero. Sin embargo, este diseño está basado en la imposición de una restricción en la cantidad de alimento diario suministrado al estanque. La cantidad de 120 Kg/día ha sido seleccionada bajo la asunción de que la misma permitirá un manejo continuo del sistema sin que las condiciones del estanque se deterioren a niveles en que pongan en riesgo la salud del camarón.

ESQUEMA DE PRODUCCIÓN MIXTA.

Considerando que la alternativa de cultivar en invernaderos requiere inversiones altas, proponemos un sistema mixto. Este protocolo fue probado, con éxito, durante la época cálida en la estación experimental PESGLASA y nos encontramos realizando el cultivo durante la época fría.

Los invernaderos responden adecuadamente, a pesar de la baja cantidad de radiación solar directa durante esta época del año (Fig 6).

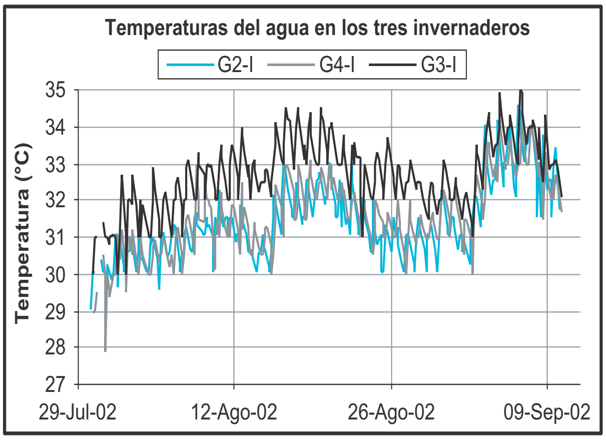

Figura 6. *Variación de la temperatura del agua en tres estanques – invernaderos de aproximadamente 0.25 ha de espejo de agua.*

Un estanque – invernadero de 1 ha produce 1,600,000 juveniles de camarón (2.2 – 2.5 g) en seis semanas. Esto permite sembrar 16 ha de estanques con una densidad de 20 ind/m^2 en tres ciclos anuales. Los costos correspondientes a la precría constan en la Tabla III.

En este sistema la Fase II se efectúa en estanques tradicionales con un total de 16 ha de espejo de agua. La densidad de siembra es de 20 ind/m^2 con ciclos que duran 105 días. El manejo de estos estanques es sin recambio de agua con alimento balanceado del 28% (U$ 0.52/Kg). El factor de conversión alimenticias es estimado en 1.2. La supervivencia mínima esperada es del 50%. Los costos de operación para la Fase II semi-intensiva ha sido estimada en U$ 4.5/día.

Las inversiones necesarias se circunscriben a la adecuación del invernadero de precría (1 ha) y es de U$ 27,535 (plástico, estructura y aireadores).

El estanque – invernadero de precría producirá seis ciclos anuales y las 16 ha de engorde tres ciclos anuales, divididas en dos grupos de 8 ha cada uno. Los costos anuales constan en la Tabla VI.

Tabla VI. *Costos de producción de un sistema mixto con un estanque – invernadero de 1 ha y dos módulos de engorde de 8 ha.*

Inversión y Costo Producción Sistema Mixto		
1 invernadero y 2 módulos de engorde de 8 ha		
Inversiones		
Invernadero	$18,799	
Aireadores	$8,736	
	$27,535	
Costo Fase I	1 ciclo (1 ha)	6 ciclos/año
Precría	10,323	61,938
Costo Fase II	1 ciclo (8 ha)	3 ciclos/año(16 ha)
Alimento	$8,486	$50,918
Operativos ($4.5/ha/día)	$4,380	$26,280
Administración		$48,000
Costo cosecha ($10/1000 lb)	$299	$1,795
Subtotal Costos de Producción		**188,932**
Costos Financieros (14%)		11,109
Total Costos producción anual		**200,041**

Tabla VII. *Rentabilidad anual de un sistema mixto estanque-invernadero de 1 ha y 16 ha de engorde antes de, reparto de utilidades e impuestos.*

Precio del camarón 50/60	Ingreso Bruto*	Costos	**Ingreso Neto**
$ 3.5 / Kg	$ 285,600	$ 200,041	**$ 85,559**
$ 4.0 / Kg	$ 326,400	$ 200,041	**$ 126,359**
$ 4.3 / Kg	$ 350,880	$ 200,041	**$ 150,839**

** Producción Total Anual:81,600 Kg.*

El sistema mixto produce los juveniles de 2.5 g en seis semanas y los grupos de engorde producen 13,600 Kg, con un peso promedio de 17 g, en 15 semanas. La tabla VII muestra tres escenarios de rentabilidad en función del precio del camarón.

RECONOCIMIENTO

Nuestro agradecimiento al Sr. Hernán Torres, Presidente del grupo PESGLASA, quien nos cedió en comodato la Estación Experimental donde estos trabajos se desarrollan.

El Programa VLIR-ESPOL financió la construcción de los invernaderos comerciales, la adquisición de los aireadores y cubre los costos de los materiales e insumos.

A la Compañía PLASTIGOMEZ por el financiamiento parcial del plástico de los invernaderos.

A nuestro colegas y técnicos del CENAIM y al personal que ejecuta las tareas diarias en la Estación Experimental.