

Efecto de la macroalga *Caulerpa sertularioides* en el desarrollo del camarón *Penaeus californiensis* (Decapoda: Penaeidae)

Marco Antonio Porchas Cornejo¹, Luis Martínez Córdova², Francisco Magallón Barajas³, José Naranjo Páramo¹ y Guillermo Portillo Clark³

- 1 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Unidad Guaymas, Apdo postal 349, Guaymas, Sonora 85400, México. Fax. (622)12238, email: mporchas@cibnor.mx.
- 2 Departamento DICTUS, Universidad de Sonora, Apdo postal 1819, Hermosillo, Sonora, 83000, México.
- 3 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Apdo postal 128, La Paz B.C.S., México.

Recibido 25-VIII-1998. Corregido 26-I-1999. Aceptado 2-II-1999.

Abstract: The effect of the macroalga *Caulerpa sertularioides* on the growth, survival and yield of captive yellowleg shrimp *Penaeus californiensis* (Holmes, 1900) at winter temperatures (14 to 21°C) was studied at La Paz, B.C.S., México. Nine experimental units (three per treatment) consisting in 150 l-fiberglass tanks were used. Shrimp growth with macroalgal presence was 3.98 ± 0.4 g after 10 weeks, survival was 100% and yield 36.24 ± 4.3 g. These results were better than those obtained with indirect presence, and absence of the macroalga, which were not different among themselves. Under indirect macroalgal presence growth, survival and yield were 0.73 ± 0.4 g, $75 \pm 10\%$ and 7.8 ± 1.2 g. Without macroalgae, corresponding values were 0.46 ± 0.4 g, $68.7 \pm 12\%$ and 5.6 ± 1.1 g. Significant differences were found between "absence" and "indirect presence". The macroalgae positively affect the development of this shrimp in captivity.

Key words: Yellowleg shrimp, *Penaeus californiensis*, Macroalgae, *Caulerpa sertularioides*, shrimp mariculture, Mexico.

El camarón café *Penaeus californiensis* (Holmes, 1900) es una especie nativa del Pacífico mexicano, que se distribuye desde la Bahía de San Francisco en EEUU hasta las costas del Perú, incluyendo la totalidad del Golfo de California e Islas Galápagos (Hendrickx 1986, 1996). Esta especie constituye la base de las pesquerías de camarón del Pacífico Mexicano, junto con el camarón blanco *Penaeus vannamei* y el camarón azul *Penaeus stylirostris*. El camarón café esta siendo objeto de estudio como una especie potencial para cultivo en zonas semitropicales y templadas, debido a su capacidad de poder crecer a bajas temperaturas

(Magallón *et al.* 1994). Desde principios de la década de los setentas, el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, llevó a cabo una serie de estudios que finalmente condujeron a la creación de tecnologías para el cultivo de camarones peneidos. Estos estudios se encuentran resumidos en dos libros publicados (Anónimo 1984, Martínez 1994). La primera de las especies probadas fue el camarón café. Posteriormente esta especie fue sustituida por el camarón azul, debido principalmente a razones de tipo económico, por el mejor precio de este último en el mercado internacional. Sin embargo las

especies tropicales y subtropicales como el camarón blanco y camarón azul, solamente pueden ser cultivadas a temperaturas superiores a los 20 o 22 °C.

En México, la camaronicultura se está desarrollando principalmente en la región noroeste, sobre todo en los estados de Sinaloa, Sonora, Nayarit y Baja California Sur. Esta es una región semiárida con un régimen extremo de temperaturas. Específicamente en los estados de Sonora, Baja California Sur y norte de Sinaloa, se presentan temperaturas superiores a los 20 °C, solamente de mediados de marzo a mediados de noviembre. Esto significa que de cuatro a cinco meses del año no son aptos para el cultivo de las especies tropicales, y por lo tanto, en las granjas que se están cultivando estas especies, las instalaciones permanecen ociosas durante ese tiempo, con la consiguiente repercusión en la rentabilidad del cultivo.

Es por ello que se ha vuelto la atención hacia otras especies que sean más tolerantes a las bajas temperaturas y que puedan ser cultivadas en la época invernal en esas regiones. El camarón café ya ha sido cultivado a nivel experimental a bajas temperaturas obteniéndose crecimientos, que si bien no son tan buenos como el de las especies tropicales en las épocas cálidas, sí superan a estos en la época invernal (Campos *et al.* 1994, Magallón *et al.* 1994). Incluso recientemente se ha llevado a cabo un cultivo comercial de esta especie con resultados promisorios (Figuroa 1996).

El objetivo ahora es llevar estudios sistemáticos tendientes a optimizar la tecnología de cultivo de esta especie. Uno de los aspectos prioritarios es lograr mejores tasas de crecimiento en la época invernal.

Empíricamente se han hecho observaciones en las que crecimientos más acelerados del camarón café se asocian a la presencia de ciertas macroalgas en los estanques de cultivo. Específicamente se ha observado que cuando *Caulerpa sertularioides* está presente, se obtienen crecimientos mejores que cuando no se encuentra (Magallón 1997 comunicación personal).

Reproductores y juveniles de camarón café, han sido capturados del medio natural ma-

yormente en áreas en donde existe la presencia de la mencionada macroalga, por lo que se deduce que existe alguna preferencia por ella (Porchas 1997 experiencia personal).

C. sertularioides es una clorofita que se encuentra frecuentemente en la zona intermareal alta, así como en esteros, lagunas costeras e incluso en estanques utilizados para acuicultura, en el Golfo de California. Recientemente se han llevado a cabo estudios para evaluar científicamente la relación entre esta macroalga y el desarrollo del camarón café (Porchas *et al.* 1994). El presente estudio va también encaminado en ese sentido.

El objetivo es verificar si existe una relación directa entre la macroalga y el camarón, es decir si aquella constituye un elemento de la alimentación de éste; o bien alguna relación indirecta, como pudiera ser el hecho de que la macroalga afectara de alguna manera la composición del agua y esto a su vez influyera en el crecimiento del camarón.

Otra probabilidad de un efecto indirecto, es que fuera sustrato de organismos que pudieran servir de alimento al camarón. Estos organismos pueden estar directamente adheridos a la macroalga o bien desprenderse de ella al medio adyacente.

El camarón café es un organismo omnívoro que incluye varios elementos en su alimentación (detritus, organismos zooplactónicos, macroalgas, etc.). Es probable entonces que la presencia de macroalgas en su hábitat represente un elemento que influya directamente en su crecimiento, ya sea por su valor nutricional en sí, o por contener algún factor de crecimiento, o por constituir un sustrato o refugio para otros organismos que pudieran servir de alimento al camarón.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de cultivos marinos del Centro de Investigaciones biológicas del Noroeste, en La Paz B.C.S., México. Se hizo un diseño experimental simple en un arreglo completamente al azar

con tres repeticiones. Se probaron tres tratamientos que consistieron en lo siguiente:

Tratamiento uno: Camarones cultivados sin la presencia directa ni indirecta de la macroalga, más alimento peletizado y fresco.

Tratamiento dos: Camarones cultivados en agua pasada por un tanque con macroalgas (presencia indirecta de macroalga), más alimento peletizado y fresco.

Tratamiento tres: Camarones cultivados en tanques junto con macroalgas, más alimento peletizado y fresco.

Las unidades experimentales consistieron en dos cilindros de plástico de 285 m de diámetro cada uno, interconectados con manguera de plástico flexible, de tal manera de poder recircular agua entre ellos, utilizando inyección de aire en las mangueras. Se manejó un nivel de operación de 150 l por cilindro. En el tratamiento uno solamente se utilizó agua en los dos cilindros. En el tratamiento dos, se colocaron macroalgas en uno de los cilindros y los camarones en el otro; no había un filtro en la conexión de los dos cilindros de tal manera que sustancias u organismos desprendidos del manto de macroalgas podían fácilmente pasar al otro cilindro. En el tratamiento tres, se colocó un manto de macroalga *C. sertularioides* en cada uno de los cilindros, en el cilindro dos se colocaron además los camarones.

Se utilizaron ocho camarones juveniles de *P. californiensis* (Ref. Hendrickx 1995 a, No. 488) por cada unidad experimental (24 por tratamiento). Estos camarones fueron capturados en la Bahía de La Paz, seleccionados los de tamaño homogéneo y sorteados al azar en las

unidades experimentales. En un análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas en la talla de los camarones utilizados para cada tratamiento. La duración del experimento fue de diez semanas.

Se hizo un recambio de agua diario de un 10 % de los cilindros. Se utilizó un sifón para eliminar agua del fondo con heces y restos de alimento, la cual fue repuesta con agua limpia filtrada.

Los camarones fueron alimentados dos veces al día, utilizando dos dietas: un alimento comercial granulado seco con 35 % de proteína (camaronina 35) y un alimento natural como: pescado fresco, olán de almejas o calamar.

La composición bromatológica del alimento granulado, del alimento natural y de la macroalga, se presenta en el Cuadro 1. La ración alimenticia fue del 10 al 15 % de la biomasa del camarón por día.

Se llevó un registro diario de los principales parámetros fisicoquímicos en las unidades experimentales: temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, utilizando para ello: termómetro de cubeta, refractómetro y oxímetro de membrana respectivamente.

Semanalmente se realizaron biometrías de longitud y de peso, mediante el uso de una regla milimétrica y una balanza digital con precisión de 0.001 g. Los camarones muertos en el transcurso del experimento fueron reemplazados por otros de aproximadamente el peso promedio del lote correspondiente, a fin de mantener una misma densidad en todos los tratamientos. Se hizo un análisis de varianza para detectar diferencias en: ganancia en peso,

CUADRO 1

Valores promedio y ámbitos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante el desarrollo del experimento en *Penaeus californiensis*

Mean values and ranges of temperature, salinity and dissolved oxygen during the experiment with *Penaeus californiensis*.

	Tratamiento 1 Sin macroalga	Tratamiento 2 Efecto indirecto	Tratamiento 1 Con macroalga
Temperatura	17.5 (14.5-20.5)	17.5 (14.4-20.6)	17.5 (14.4-20.5)
Salinidad (ppmil)	36.0 (36.0-36.0)	36.0 (36.0-36.0)	36.0 (36.0-36.0)
OD 9mg/l)	7.02 (6.5-7.3)	7.02 (6.4-7.4)	6.93 (6.3-7.3)

sobrevivencia y biomasa final obtenida entre los tratamientos. Una prueba Tukey fue utilizada para comparación y ordenación de medias.

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se presentan los valores de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto durante el desarrollo del experimento. La tempera-

tura presentó valores desde 14.5 hasta 20.5 °C. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos respecto a la temperatura ($p > 0.05$). La salinidad permaneció constante en todos los tratamientos a 36 partes por mil. Respecto al oxígeno disuelto, el tratamiento tres presentó un valor promedio de 6.93 mg/l, el cual no fue estadísticamente diferente del promedio presentado en los tratamientos uno y dos, que fue de 7.02 mg/l.

CUADRO 2

Valores promedio de crecimiento total, sobrevivencia y biomasa del camarón *Penaeus californiensis* en los tres tratamientos

Mean growth, survival and yield of brown shrimp *Penaeus californiensis* in the three treatments

	Tratamiento 1 Sin macroalga	Tratamiento 2 Efecto indirecto	Tratamiento 3 Con macroalga
Crecimiento (g)	0.46±0.4 (a)	0.73±0.4 (a)	3.98±0.4 (b)
Sobrevivencia (%)	68.7± 12 (a)	75.0± 10 (a)	100 (b)
Biomasa (g)	5.6 ± 1.1 (a)	7.8 ± 1.2 (a)	36.42 ± 4.3 (a)

Misma letra significan promedios con diferencias no significativas

El Cuadro 3 presenta los resultados de crecimiento, sobrevivencia y biomasa obtenida en los tres tratamientos. Como se puede observar el crecimiento promedio total en el tratamiento tres, con la presencia directa de la macroalga fue de casi 4 g, significativamente superior ($p < 0.005$) al obtenido en los tratamientos uno y dos que fue de 0.46 y 0.73 g respectivamente. Esto comenzó a manifestarse casi desde el inicio del experimento, como lo muestra la Fig. 1. La sobrevivencia en el tratamiento tres, fue del 100 %; este valor es significativamente más alto ($p > 0.05$) en comparación con los promedios de 68.7 y 75 % obtenida en los tratamientos uno y dos, los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí. Respecto de la biomasa obtenida, el valor mayor se registró también en el tratamiento tres con un promedio de 36.24 g, significativamente mayor ($p < 0.001$) a los promedios de los tratamientos uno y dos que fueron de 5.6 y 7.8 g respectivamente.

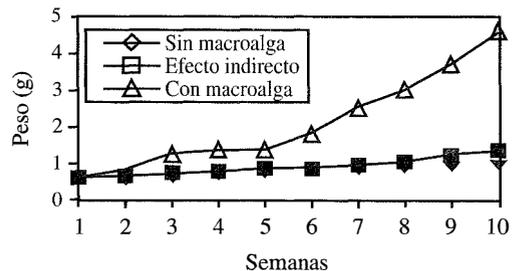


Fig. 1. Crecimiento del camarón café *Penaeus californiensis* en los tres tratamientos.

Fig. 1. Growth of yellowleg shrimp *Penaeus californiensis* with three treatments.

DISCUSIÓN

Las temperaturas a las cuales se llevó a cabo el presente experimento, son significativamente menores que las registradas en el cultivo de la mayoría de las especies comerciales de camarón y solamente comparables con los que se utilizan para *Penaeus chinensis*, la

CUADRO 3

Composición de los alimentos proporcionados al camarón Penaeus californiensis en el desarrollo del experimento

Composition of feeds supplied to Penaeus californiensis during the experiment

Alimento	Humedad(%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)
Camaronina 35*	8.75	35.00	8.60	12.3
Calamar*	79.70	15.90	2.70	1.7
Almeja*	81.30	12.60	3.60	2.5
Pescado fresco*	75.90	14.90	6.40	2.7
Caulerpa sertularioides**	91.10	2.38	0.53	2.2

*DICTUS, Universidad de Sonora **Instituto Tecnológico de La Paz

especie que actualmente es cultivada a las temperaturas más bajas (Lee and Wickins 1992). La salinidad permaneció prácticamente constante en 36 ppm; esta salinidad se encuentra dentro del rango considerado adecuado para el cultivo de la mayoría de las especies de peneidos cultivados comercialmente (Wickins 1982, Huner y Evan Brown 1985). Los valores de oxígeno disuelto que se registraron en el desarrollo del experimento están dentro del rango considerado adecuado para el cultivo de camarones peneidos (Huner y Evan Brown 1985, Tseng 1988).

El crecimiento obtenido en los tratamientos uno y dos, es decir sin la presencia y con la presencia indirecta de la macroalga, fueron muy bajos y esto se debió básicamente a que los camarones en estos dos tratamientos consumieron menos alimento, tanto fresco como granulado seco. Estos crecimientos se pueden considerar como inaceptables para fines de cultivos comerciales, mientras que el obtenido en el tratamiento tres, aunque ligeramente bajo comparado con los cultivos de especies tropicales realizados en épocas cálidas (Lawrence *et al.* 1985, Clifford 1994), se puede considerar como bastante aceptable para temperaturas invernales como en las que se llevó a cabo el presente experimento. Esto sugiere que la macroalga contiene algún factor de crecimiento o algún elemento que hace que el camarón café coma más y como consecuencia crezca más.

Las sobrevivencias registradas en cultivos comerciales de diferentes especies de peneidos, se consideran aceptables por arriba de 60 %,

(Clifford 1994, Ochoa 1994). Esta sobrevivencia fue rebasada en los tres tratamientos.

Difícilmente se pueden hacer comparaciones con cultivos comerciales en el caso de la biomasa ya que las condiciones en que se llevó a cabo el experimento corresponderían a las de un cultivo hiperintensivo. La biomasa obtenida en el tratamiento tres, extrapolada a 1 hectárea, sería de 1294 kg, que es un valor aceptable para un cultivo semi-intensivo (Martínez 1994).

De los resultados obtenidos en el experimento se puede concluir lo siguiente:

1.- La presencia de la macroalga *Caulerpa sertularioides*, tiene un efecto directo en el crecimiento, sobrevivencia y biomasa del camarón café *Penaeus californiensis* en condiciones de laboratorio.

2.- No se encontraron evidencias de algún efecto indirecto de dicha macroalga en ninguno de los parámetros considerados (alguna sustancia que modificara la composición del agua, o de organismos que dependieran de la macroalga y se incorporaran al agua y pasaran al cilindro en donde estaban los camarones).

3.- La sobrevivencia, el crecimiento y la biomasa de camarón *P. californiensis* con la presencia directa de la macroalga se pueden considerar como aceptables en relación con cultivos comerciales, sobre todo si se toma en cuenta que el experimento se llevó a cabo a temperaturas invernales.

4.- Se requiere la realización de estudios complementarios para determinar en forma más precisa de que manera la macroalga influye en el desarrollo del camarón. Pudiera sugerirse por

ejemplo la formulación de dietas utilizando diferentes proporciones de la macroalga para evaluar su efecto en el crecimiento, sobrevivencia y biomasa del camarón de esta especie y de otras.

RESUMEN

El efecto de la macroalga *Caulerpa sertularioides* sobre el crecimiento, sobrevivencia y producción en cautiverio del camarón café *Penaeus californiensis* (Holmes, 1900) a temperaturas invernales (14 a 21°C) se estudió en La Paz, B.C.S., México. Se utilizaron nueve unidades experimentales (Tres por el tratamiento) consistiendo en tanques plásticos de 150 l de capacidad. El crecimiento del camarón con la presencia directa de la macroalga fue de 3.98 ± 0.4 g después de 10 semanas de cultivo, la sobrevivencia fue del 100 % y el rendimiento de 36.24 ± 4.3 g. Estos resultados fueron significativamente más altos que los obtenidos en presencia indirecta, y en ausencia de la macroalga, los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí. El crecimiento, sobrevivencia y producción en la presencia indirecta de la macroalga fueron de 0.73 ± 0.4 g, 75% and 7.8 ± 1.2 g respectivamente. En ausencia de la macroalga, se obtuvieron valores de 0.46 ± 0.4 g, $68.7 \pm 12\%$ y 5.6 ± 1.1 g. La presencia directa de la macroalga tiene un efecto positivo y significativo en el desarrollo del camarón café en cautiverio.

REFERENCIAS

- Anónimo. 1984. El cultivo del camarón azul *Penaeus stylirostris*. C.I.C.T.U.S., Universidad de Sonora. 126 p.
- Campos, R., F. Magallón, G. Portillo, Porchas, M.A. & J. Naranjo. 1994. Efecto de la presencia de la macroalga *Caulerpa sertularioides* en el crecimiento y sobrevivencia de *P. vannamei* y *P. californiensis* durante el invierno. Memorias, X Simposium Internacional de Biología Marina. 13-17 junio., Ensenada, B.C. México. Resumen C-061.
- Clifford, H.C. 1994. El manejo de estanques camarones. Memorias del seminario Internacional de camaronicultura, Camarón 94'. Mazatlán Sinaloa, México.
- Figuroa, J. 1996. Es el camarón café (*P. californiensis*) una alternativa de producción. Panorama Acuícola. 1: 4-5.
- Hendrickx, M. 1986. Distribución y abundancia de los camarones peneidos (Crustacea: Decapoda). Ann. Inst. Cien. Mar. Limnol. Univ. Auton. México 13:345-368.
- Hendrickx, M. 1996. Los camarones peneoidea bentónicos del pacífico Mexicano. Comisión Nacional para la Biodiversidad-Universidad Nacional autónoma de México. México p. 35-38.
- Lawrence, A.L., J.P. McVey & J.V. Huner. 1985. Crustacean and Mollusk Aquaculture in the United States. Huner. p. 127-157.
- Huner, J.V. & E. Evan Brown. 1985. Crustacean and Mollusk Aquaculture in the United States. USA. p.
- Lee, D. O'C. & J.F. Wickins. 1992. Crustacean Farming. Wiley. p. 278.
- Magallón, B.F., G. Portillo, R. Campos, M.A. Porchas, J. Naranjo & A. Muhlia. 1994. *Penaeus californiensis* as a cold tolerant species in Baja California Sur, México. Book of Abstracts. Aquaculture'94: W.A.S. Nueva Orleans, USA p. 84.
- Martínez C.L.R. 1994. Camaronicultura. Bases técnicas y científicas para el cultivo de camarones peneidos. AGT Editor. México. 233 p.
- Ochoa M.V.J. 1994. Situación de la camaronicultura en México. Memorias del Seminario Internacional de Camaronicultura, Camarón 94'. Mazatlán Sinaloa, México.
- Porchas, M.A., F.J. Magallón, G. Portillo, J. Naranjo, R. Campos & H. Villarreal. 1995. Direct and indirect effect of the macroalgae *Caulerpa sertularioides* in the growth and survival of brown shrimp *Penaeus californiensis* reared at reduced temperatures. Book of Abstracts. Aquaculture'95: W.A.S. San Diego, California. USA, p. 234.
- Tseng, W. 1988. Shrimp Mariculture: A practical Manual. Canaan Itl. Pty Ltd. Australia. 290 p.
- Wickins, J.F. 1982. Opportunities for farming crustacean in western temperate regions. Muir. Recent advances in Aquaculture. Croom Helms, Londres. Inglaterra.