

# Influencia del drenaje de estanques de cultivo de camarón sobre las características físicas y químicas de las aguas marinas adyacentes

C. H. Lechuga Devéze, I. Murillo Murillo,  
F. Hernández Sandoval y R. A. Mendoza Salgado

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Apdo. Postal 128. C. P. 23000, La Paz, Baja California Sur, México.

Lechuga Devéze, C. H., I. Murillo Murillo, F. Hernández Sandoval y R. A. Mendoza Salgado, 1997. Influencia del drenaje de estanques de cultivo de camarón sobre las características físicas y químicas de las aguas marinas adyacentes. *Hidrobiológica* 7: 27-32.

## RESUMEN

De agosto 1993 a octubre 1996 se realizaron muestreos mensuales en tres estanques para cultivo de camarón y en el medio marino adyacente, con el objetivo de identificar el impacto ambiental de los estanques en el medio exterior. Se obtuvieron datos de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, sulfatos, nitritos, nitratos, ortofosfatos y fósforo orgánico. El muestreo se extendió durante tres fases del desarrollo y operación de los estanques: a) Fase inicial (sin intercambio de agua y sin camarones en cultivo), identificada por altos valores de salinidad (80‰) y de sulfatos ( $6 \text{ g l}^{-1}$ ), y una gran variación de los nitritos dentro de los estanques; b) Fase intermedia (con un intercambio de agua del 30% y camarones alimentados con peletizados), caracterizada por un equilibrio entre el interior y el exterior de los estanques; y c) Fase final (con intercambio de agua del 30%, organismos alimentados con peletizados, fertilización de estanques y aereación mecánica), identificada por un aumento en la variación del oxígeno disuelto, nitratos y ortofosfatos dentro y fuera de los estanques, y por un aumento del fósforo orgánico en el interior de estos. En la segunda fase del cultivo se obtuvo un rendimiento de  $450 \text{ kg ha}^{-1}$  y en la fase final se elevó hasta  $1500 \text{ kg ha}^{-1}$ . La materia orgánica introducida a los estanques durante la fase final (alimento peletizado, producción de microalgas y excretas del metabolismo del camarón) fue adecuadamente mineralizada, por lo que solamente se aportaron al exterior iones inorgánicos. Bajo estas condiciones de manejo se producen atractivos rendimientos y los estanques de cultivo no ocasionan un impacto ambiental negativo inmediato en las aguas adyacentes.

**Palabras clave:** Nitrógeno, fósforo, salinidad, sulfatos, temperatura, oxígeno disuelto, cultivo de camarón, estanques intermareales.

## ABSTRACT

Monthly sampling was performed during August 1993 to October 1996, inside and outside three tidal ponds used for shrimp culture. Our aim was to identify if the culture conditions could influence the surrounding waters and induce some adverse impact. Temperature, dissolved oxygen, salinity, sulfate, nitrate, nitrite, inorganic and organic phosphorous variables were measured. The sampling period comprised three stages of ponds development: a) Initial stage (0% of water exchange, no shrimp culture) characterized by high salinity (80‰) and sulfate ( $6 \text{ g l}^{-1}$ ) values, and high nitrite variability; b) Intermediate stage (30% of water exchange, shrimps fed with pelleted food), where a balance between external and internal variables was reached. It was obtained a yield of  $450 \text{ kg ha}^{-1}$ . c) Final stage (introducing paddle-wheel aerators and fertilizing the ponds with superphosphate and urea), showing an increase in dissolved oxygen, nitrates and inorganic phosphorous variability, either inside and outside the ponds, and an increase in organic phosphorous inside the ponds. During this final stage a yield of  $1500 \text{ kg ha}^{-1}$  was obtained. The organic matter input by the pelleted food, induced microalga growth and shrimp metabolism during the final stage, was efficiently oxidized inside

the ponds. In such a way only inorganic N and P were observed outside the ponds matching the internal variability. The management of these ponds at this final stage does not induce a negative environmental impact on surrounding waters, and assures an attractive shrimp harvesting.

**Key words:** Nitrogen, phosphorous, salinity, sulfate, temperature, dissolved oxygen, shrimp culture, tidal ponds

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura tiene un potencial de desarrollo litoral que está siendo considerado en el mundo (Barg, 1995) y en diversos estados de la República Mexicana. Esta actividad no está exenta de problemas inherentes a la búsqueda del mejor sistema de cultivo, con vías a la obtención de los mejores rendimientos, ni a los problemas que los sistemas acuiculturales intensivos pueden provocar al medio ambiente marino (Braaten y Hektoen, 1991; Weston, 1991).

Brasil, Ecuador y Honduras, entre otros países, han desarrollado diversas técnicas para la construcción de estanques de cultivo de camarón, todos ellos con rendimientos variables. Son comunes los estanques construidos en el litoral utilizando bordos rústicos y con un recambio de agua auxiliado por bombas eléctricas o de combustión interna (Walford y Lam, 1987; Tookwinas, 1990). Los costos de construcción y operación están asociados al área del estanque y al consumo de energía de las bombas. El recambio de agua se efectúa mediante el bombeo; el agua de los estanques se vierte en el medio marino adyacente y se introduce agua nueva hacia su interior. La frecuencia y volumen de estos recambios de agua provoca alteraciones en el medio marino adyacente al estanque de cultivo, caracterizadas por un aumento apreciable de la materia orgánica en suspensión (Akiyama y Chwang, 1989) y de la carga de compuestos nitrogenados y fosfatados (Chamberlain, 1991), así como por cambios en las comunidades bentónicas y planctónicas y por la introducción de algunos iones que pueden favorecer el florecimiento de especies fitoplanctónicas productoras de potentes toxinas (Cortés Altamirano y Agraz Hernández 1994).

El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste ha desarrollado investigación sobre sistemas de estanquería rústica para el impulso de la camaricultura en el estado de Baja California Sur. Se han emprendido diversos trabajos relacionados con la construcción de bordos, las formas de protección contra la acción erosiva del mar y los sistemas de recambio de agua utilizando las oscilaciones naturales de la marea. En este trabajo se analizan los cambios físicos y químicos del agua en el interior de los estanques durante sus etapas de desarrollo y optimización, y se evalúa el

efecto de los recambios de agua sobre el medio marino adyacente, en las distintas fases de desarrollo del cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se construyeron en la zona intermareal tres estanques rústicos de una hectárea y un metro de profundidad (Fig. 1). A partir de agosto de 1993 (Fase Inicial) los estanques quedaron sujetos al ritmo de mareas impuesto por la infiltración del agua marina por sus taludes y fondo. En agosto de 1994 (Fase Intermedia) comenzaron a operar las compuertas en la cabecera de los estanques, lo cual aseguró un mayor recambio de agua sujeto al ritmo de las mareas, a través de un sistema de siete tuberías de polietileno (extrupac) provistas en sus extremos de una tapa operable

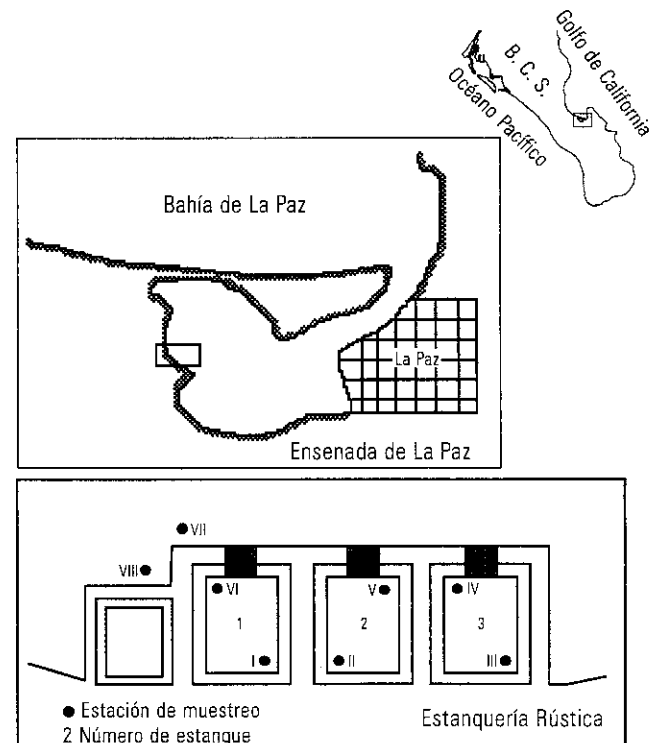


Figura 1. Ubicación de los estanques intermareales y estaciones de muestreo. El pequeño estanque localizado a la izquierda de los estanques principales no es utilizado para cultivo de camarón. La estación de muestreo externa a los estanques fue seleccionada en relación al flujo de la corriente principal.

manualmente; de esta forma, se estableció un recambio diario de agua de alrededor del 30%. Durante esta fase se inició la siembra de larvas de camarón, las cuales fueron alimentadas con peletizados (Rangen, 40% de proteína cruda). A partir de septiembre de 1995 (Fase Final), cada estanque fue provisto de dos paletas aereadoras de 2 H.P. Esta fase se caracterizó por la adición de urea y superfosfato, como fertilizante de los estanques. Durante las fases intermedia y final se realizaron siembras de *Penaeus vannamei* (cosechados en primavera y verano) y *Penaeus californiensis* (cosechados en invierno), respectivamente.

A partir de agosto de 1993, durante la primera semana de cada mes y entre las 11 y las 13 h, se evaluaron dentro y fuera de los estanques, en la superficie, los siguientes parámetros: temperatura (termómetro de cubeta), salinidad (método Knudsen y/o sensor Orion), oxígeno disuelto (método Winkler), nitratos ( $\text{NO}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2$ ), fósforo inorgánico ( $\text{PO}_4$  inorg), fósforo orgánico ( $\text{PO}_4$  org) y sulfatos ( $\text{SO}_4$ ). Las muestras de agua destinadas a los análisis químicos fueron filtradas a través de filtros Whatman GF/C ( $0.7 \mu\text{m}$  de retención media) y se analizaron el mismo día de su colecta. Las técnicas empleadas se basaron en los procedimientos descritos en Strickland y Parsons (1972), Aminot y Chaussepied (1983), Parsons *et al.* (1984), Contreras (1984) y APHA (1992).

## RESULTADOS

### Salinidad y sulfatos

Las tres fases de desarrollo de los estanques para el cultivo de camarón se manifiestan claramente en sus valores de salinidad y sulfatos (Fig. 2). Durante la Fase Inicial, en la que no hubo intercambio directo de agua marina con el medio exterior (agosto 1993 a julio de 1994), la salinidad y los sulfatos presentaron sus valores más elevados (80 ‰ y

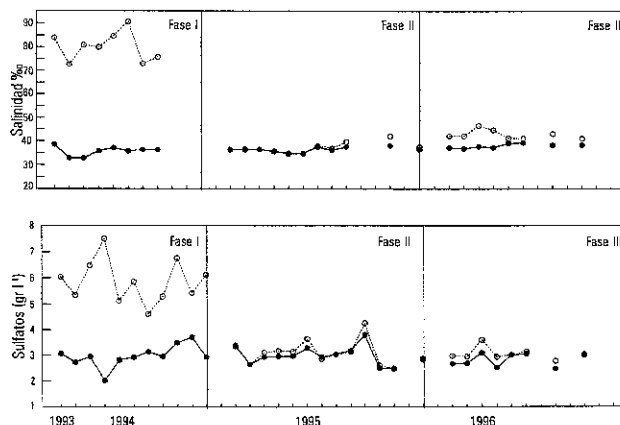


Figura 2. Variabilidad interanual de la salinidad y los sulfatos dentro de los estanques de cultivo (círculos claros) y en el medio marino adyacente (círculos oscuros). Se señalan las tres fases de desarrollo de los estanques: Fase I (inicial), sin intercambio de agua. Fase II (intermedia), con recambio del 30%, siembra de camarón. Fase III (final), instalación de aereadores y fertilización de estanques.

5.86  $\text{g l}^{-1}$ , respectivamente, Tabla I). Una vez iniciado el intercambio de agua (Fase Intermedia), tanto la salinidad como los sulfatos disminuyeron hasta alcanzar valores similares a los del medio exterior. Esta fase se mantuvo estable, sobre todo en salinidad, hasta septiembre de 1995, cuando se colocaron los aereadores y se inició la fertilización de los estanques; en ese momento (Fase final) la salinidad y los sulfatos se elevaron ligeramente con respecto al medio exterior (Fig. 2, Tabla I).

### Temperatura y oxígeno disuelto

Durante las tres fases de desarrollo de los estanques, las oscilaciones de temperatura siguieron las variaciones estacionales. Las temperaturas más altas se registraron de agosto a septiembre y las más bajas durante enero y febrero, tanto al exterior como al interior de los estanques. Las

Tabla I. Valores promedio ( $\pm$  desviación estándar) de las diferentes variables evaluadas dentro y fuera de los estanques en las distintas fases de desarrollo del cultivo.

	Fase inicial		Fase intermedia		Fase final	
	Exterior	Estanques	Exterior	Estanques	Exterior	Estanques
Salinidad ‰	31.3 $\pm$ 11.8	80.2 $\pm$ 5.8	36.4 $\pm$ 1.0	37.1 $\pm$ 2.1	38.1 $\pm$ 0.9	42.8 $\pm$ 1.8
Sulfatos ( $\text{g l}^{-1}$ )	2.98 $\pm$ 0.41	5.86 $\pm$ 0.79	3.00 $\pm$ 0.35	3.10 $\pm$ 0.45	2.81 $\pm$ 0.23	3.06 $\pm$ 0.23
Oxígeno disuelto ( $\text{ml l}^{-1}$ )	5.42 $\pm$ 1.35	4.20 $\pm$ 0.68	5.08 $\pm$ 1.25	5.19 $\pm$ 0.83	5.36 $\pm$ 1.59	5.02 $\pm$ 0.90
Nitratos ( $\mu\text{g-at l}^{-1}$ )	2.65 $\pm$ 2.90	2.22 $\pm$ 3.14	1.60 $\pm$ 1.66	1.13 $\pm$ 0.73	1.10 $\pm$ 0.99	1.19 $\pm$ 1.42
Nitritos ( $\mu\text{g-at l}^{-1}$ )	0.09 $\pm$ 0.05	0.19 $\pm$ 0.20	0.05 $\pm$ 0.03	0.04 $\pm$ 0.03	0.07 $\pm$ 0.06	0.89 $\pm$ 1.29
Ortofosfatos ( $\mu\text{g-at l}^{-1}$ )	0.37 $\pm$ 0.13	0.16 $\pm$ 0.08	0.58 $\pm$ 0.45	0.32 $\pm$ 1.03	0.32 $\pm$ 0.29	1.04 $\pm$ 1.37
Fósforo orgánico ( $\mu\text{g-at l}^{-1}$ )	0.17 $\pm$ 0.06	0.42 $\pm$ 0.21	0.33 $\pm$ 0.19	0.37 $\pm$ 0.16	0.31 $\pm$ 0.19	0.47 $\pm$ 0.09

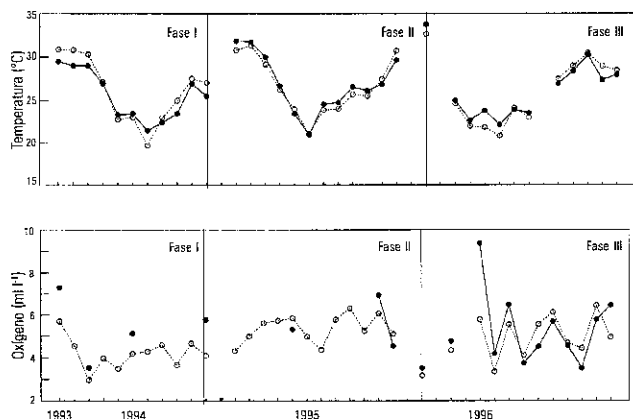


Figura 3. Variabilidad interanual de la temperatura y el oxígeno disuelto dentro (○) y fuera (●) de los estanques durante las distintas fases del cultivo.

oscilaciones térmicas no guardaron ninguna relación con las oscilaciones del oxígeno disuelto (Fig. 3). Durante la fase inicial, la concentración de oxígeno en los estanques se mantuvo en un promedio ligeramente inferior a la del medio exterior ( $4.2 \text{ mg l}^{-1}$  y  $5.4 \text{ mg l}^{-1}$ , respectivamente; Tabla I), pero al iniciar el recambio de agua, durante la Fase Intermedia, ambos valores mostraron promedios similares (Tabla I). Esta situación se mantuvo inclusive durante la Fase Final, con la diferencia de que las oscilaciones mensuales fueron más prolongadas (Fig. 3).

### Nitrógeno y fósforo

Durante la Fase Inicial, el confinamiento del agua en los estanques se caracterizó por grandes fluctuaciones en la concentración de nitritos y una tendencia a la acumulación de nitratos (Fig. 4). Los elevados valores de nitratos en septiembre de 1993 están probablemente influenciados por el efecto de una lluvia acaecida un día antes del muestreo. A la apertura de los estanques (Fase Intermedia), los nitritos modificaron su tendencia errática y tendieron a disminuir, al igual que en el medio exterior; al inicio de la Fase Final se apreció nuevamente una tendencia al aumento dentro y fuera de los estanques, pero manteniendo las mismas oscilaciones observadas desde el inicio de los muestreos. Los nitratos no mostraron tendencias identificables dentro ni fuera de los estanques durante las dos primeras fases (Fig. 4, Tabla I); sin embargo, en la Fase Final, las oscilaciones fueron semejantes.

Durante las primeras dos fases, la concentración del fósforo inorgánico del medio exterior tendió a ser mayor que la del interior de los estanques; en la tercera fase, la concentración interior se elevó significativamente ( $4.6 \mu\text{g-at l}^{-1}$ ) con respecto a la exterior ( $1.04 \mu\text{g-at l}^{-1}$ ; Fig. 5). En promedio, el fósforo orgánico presentó en la primera fase

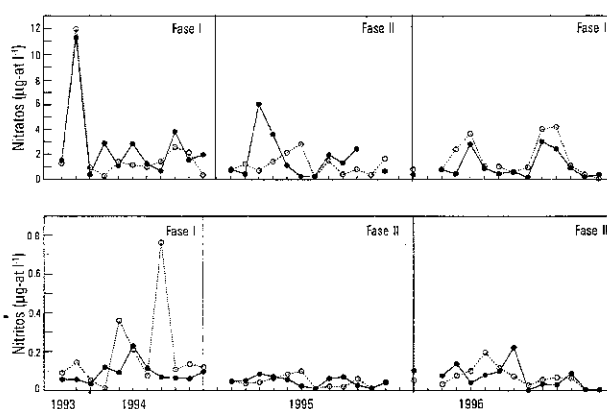


Figura 4. Variabilidad interanual de los nitratos y los nitritos dentro (○) y fuera (●) de los estanques durante las distintas fases del cultivo.

una concentración mayor dentro de los estanques ( $0.42 \mu\text{g-at l}^{-1}$  vs.  $0.17 \mu\text{g-at l}^{-1}$ , Tabla I, Fig. 5); posteriormente, en la Fase Intermedia, el medio exterior incrementó su concentración a hasta alcanzar valores similares a los encontrados dentro de los estanques ( $0.37$  y  $0.33 \mu\text{g-at l}^{-1}$  respectivamente, Tabla I). Por último, en la Fase Final se observó dentro de los estanques una tendencia a la acumulación de fósforo orgánico, mientras que el exterior continuó con las oscilaciones mostradas desde el inicio del muestreo.

## DISCUSIÓN

Las diferencias en las condiciones de operación de los estanques de cultivo de camarón produjeron diferencias en

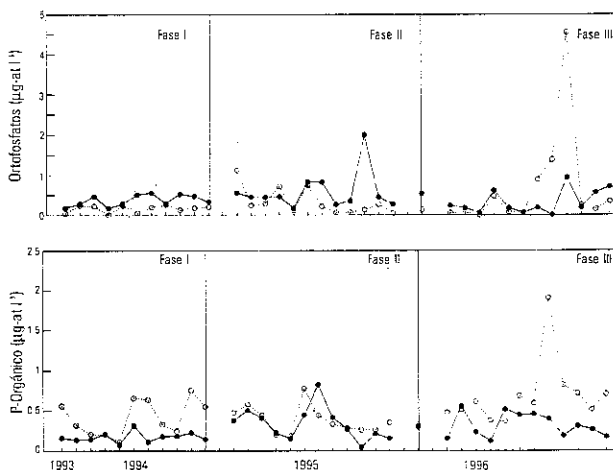


Figura 5. Variabilidad interanual de los ortofosfatos y el fósforo orgánico dentro (○) y fuera (●) de los estanques durante las distintas fases del cultivo.

las características físicas y químicas del agua de los estanques y de la zona marina adyacente.

### Fase Inicial

En esta fase, el ineficiente recambio de agua con el medio exterior, aunado a una alta evaporación provocó elevadas concentraciones de salinidad en los estanques. Los sulfatos, en virtud de sus propiedades conservativas, aportaron el 7.7% de la salinidad (Parsons *et al.*, 1984); así, al mayor promedio de salinidad (80.2 ‰) le correspondió el mayor promedio de sulfatos (5.86 g l<sup>-1</sup>; 7.1% de la salinidad). Este lento recambio de agua por las paredes y el fondo de los estanques permitió que el oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica llegara a sus niveles más bajos en el estrato superficial. Aparentemente, la actividad de las bacterias aeróbicas en el fondo de los estanques pudo verse también limitada por las bajas concentraciones de oxígeno, limitando la incorporación de ortofosfato al medio y favoreciendo la acumulación de formas fosfatadas orgánicas (Holmer y Kristensen, 1992). De igual modo se favorecieron los productos intermedios de oxidación del nitrógeno orgánico, como los nitritos. La acumulación de materia orgánica durante esta fase se debió principalmente a la actividad biológica del plancton y no a un exceso de alimento peletizado o a la adición de fertilizantes (Akiyama y Chwang, 1989), los cuales fueron incorporados en las fases intermedia y final del estudio. Por lo tanto, el deficiente recambio de agua superó la capacidad oxidativa del estanque para realizar una eficaz mineralización de la materia orgánica (Phillips *et al.*, 1991). Bajo estas condiciones de preparación de los estanques, el medio externo permaneció en condiciones normales, en donde una adecuada provisión de oxígeno disuelto permitió mayores concentraciones de los iones inorgánicos respecto a sus formas intermedias o las formas orgánicas.

### Fase Intermedia

Podría esperarse durante esta fase que el aumento de materia orgánica y nutrientes dentro de los estanques, a consecuencia de la siembra del camarón y su alimentación peletizados, influyera de alguna forma en las aguas exteriores al iniciarse un recambio importante de agua (30%) (Chua *et al.*, 1989).

En general, los datos sobre la calidad del agua que es vertida al medio exterior desde estanques para el cultivo de camarón son escasos (Barg, 1995). Así, nuestros datos correspondientes a la Fase Intermedia indican que un recambio de agua directo incide rápidamente en un equilibrio de los estanques con las condiciones del exterior, sobre todo en las concentraciones de la salinidad y los sulfatos. Además, el recambio de agua incorpora al

estanque un nuevo proceso de tratamiento natural de sus aguas, el cual consiste en el establecimiento de un patrón de corrientes de entrada y salida, una resuspensión del material particulado orgánico y un posible aumento de actividad bacteriana aeróbica, tanto en la columna de agua como en los sedimentos, lo que seguramente evitó la acumulación, observada durante la fase inicial, de formas iónicas intermedias de potencial tóxico, como los nitritos. Durante esta fase, el exterior mantuvo sus oscilaciones naturales de las formas nitrogenadas (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>), con una dominancia del ión nitrato, pues, como ha sido demostrado por trabajos anteriores, la Ensenada de La Paz se enriquece en nutrientes durante el movimiento de mareas (Lechuga Devéze, *et al.*, 1986).

Los aumentos en la materia orgánica derivados de la siembra del camarón y del suministro de alimento peletizado empezaron a notarse en el exterior por un aumento del fósforo orgánico, el cual alcanzó valores y oscilaciones similares a los encontrados dentro del estanque. Sin embargo, el exterior se mostró más eficiente en la dilución y oxidación de dicha materia orgánica. De esta forma, los posibles efectos adversos del vertido de efluentes ricos en materia orgánica particulada, que pueden dar origen a procesos de eutroficación, hipoxia y alteración de la estructura poblacional bentónica (Barg, 1995), aparentemente fueron amortiguados por las condiciones naturales del exterior. Bajo estas condiciones se obtuvo en los estanques un rendimiento promedio de 450 kg ha<sup>-1</sup>.

### Fase Final

La aireación de los estanques en esta fase favoreció notablemente la oxidación de los fertilizantes añadidos al sistema de cultivo: urea y superfosfato. Estos compuestos, que se utilizan para favorecer el desarrollo del plancton y promover así el crecimiento del camarón (Apud *et al.*, 1983; Sin *et al.*, 1989; Chamberlain, 1991), son el origen de una elevada producción de nutrientes y materia orgánica. La eliminación o amortiguamiento de este exceso de materia orgánica se regula mediante un eficiente intercambio de agua y una buena oxigenación, para permitir su total oxidación y su dilución en el medio exterior.

La ligera elevación de la salinidad de los estanques en esta fase final podría tener su explicación en el efecto de la continua fertilización de los estanques, o bien en el aumento en la evaporación del agua provocado por el sistema de aireación. La mayor variabilidad del oxígeno disuelto puede explicarse con base en los aumentos en la biomasa fitoplanctónica (producción de oxígeno) y en el consumo de oxígeno por parte de la comunidad. Esta suposición se sustenta en que la temperatura del agua no mostró la relación inversa con el oxígeno que comúnmente se observa

en las áreas de baja productividad primaria. De acuerdo con Barg (1995), en los estanques de cultivo de camarón el fósforo total y el nitrógeno pueden variar entre 1.6 a 13  $\mu\text{g-at P l}^{-1}$  (0.05 a 0.4  $\text{mg l}^{-1}$ ) y 36 a 243  $\mu\text{g-at N l}^{-1}$  (0.5 a 3.4  $\text{mg l}^{-1}$ ). Dichos valores son superiores a los encontrados en este estudio. Tanto dentro como fuera de los estanques, el aporte natural o artificial de oxígeno disuelto satisfizo la demanda necesaria para la oxidación de los compuestos orgánicos, evitando así su acumulación y el aumento de productos intermedios de potencial tóxico (nitritos). La presencia de oxígeno suficiente para llevar a cabo la mineralización completa de la materia orgánica se deduce a partir de las oscilaciones sincrónicas observadas en ambos sitios. Estas condiciones finales de cultivo permitieron un rendimiento promedio de 1500 kg de camarón por hectárea.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto institucional IAC-4 y por el apoyo CONACYT No. 1895-PN. Los autores desean agradecer la colaboración de F. Magallón y G. Portillo por su información acerca de los detalles técnicos de los estanques de cultivo. Así mismo, agradecemos la información proporcionada por J. Lanz Olivier, Director de la Empresa Lanz Acuacultores, quienes se responsabilizaron del manejo de los estanques en sus fases intermedia y final.

### LITERATURA CITADA

- AMINOT, A. y M. CHAUSSPIED, 1983. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. CNEXO, Brest, France. 395 p.
- AKIYAMA, D.M. y N. L. M. CHWANG, 1989. Shrimp feed requirements and feed management. En: *Proceedings of the Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop*. Philippines, Indonesia. pp 75-82.
- APHA, 1992. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. L. S. GLESCER, A. E. GREENBERG y R. R. TRUSSELL (Eds.). APHA/AWWA/WPCF. Washington, D. C.
- APUD, F., J. H. PRIMAVERA y P. L. TORRES, 1983. Farming of prawns and shrimps. *Aquaculture Extension, Manual No. 5*. Southeast Asian Fisheries Development Center.
- BARG, U.C. 1995. Orientaciones para la promoción de la ordenación medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera. *FAO, Documento Técnico de Pesca No. 328*. 138 p.
- BRAATEN, B. y H. HEKTOEN, 1991. The environmental impact of aquaculture. En: *Fish health management in Asia-Pacific. Report on a regional study and workshop on fish disease and fish health management*. Bangkok, Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific. *Asian Development Bank. Agriculture Department Report Series 1*: 469-524.
- CHAMBERLAIN, G.W., 1991. Shrimp farm in Indonesia. I. Growout Techniques. *World Aquaculture 22*: 12-27.
- CHUA, T.E., J. N. PAW y F. Y. GUARIN, 1989. The environmental impact of aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture development in Southeast Asia. *Marine Pollution Bulletin 20*: 335-343.
- CONTRERAS, F. E., 1984. *Manual de técnicas hidrobiológicas*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 137 p.
- CORTÉS ALTAMIRANO, R. y C. M. AGRAZ HERNÁNDEZ, 1994. Presencia de *Prorocentrum minimum* (Pav.) Schiller en estanques para cultivo de camarón. *Ciencias del Mar 1*(13): 11-16.
- HOLMER, M. y E. KRISTENSEN, 1992. Impact of marine fish cage farming on metabolism and sulfate reduction of underlying sediments. *Marine Ecology Progress Series 80*: 191-201.
- LECHUGA DEVÉZE, C. H., J. GARCÍA PÁMANES y J. BUSTILLOS GUZMÁN, 1986. Condiciones ecológicas de una laguna costera de la costa oeste del Golfo de California. Turbiedad y clorofila *a*. *Ciencias Marinas 12*: 19-31.
- PARSONS, T. R., Y. MAITA y C. M. LALLI, 1984. *A manual of chemical methods for seawater analysis*. Pergamon Press, Oxford. 173 p.
- PARSONS, T.R., M. TAKAHASHI y B. HARGRAVE (Eds.), 1984. *Biological Oceanographic Processes*. Pergamon Press, Oxford. 330 p.
- PHILLIPS, M. J., M. C. M. BEVERIDGE y R. M. CLARKE, 1991. Impact on aquaculture on water resources. *Advances in World Aquaculture 3*: 568-591.
- SIN, O. K., L. P. CHONG y H. HANAFI, 1989. *Prawn/shrimp culture in Malasya. Documento Técnico*. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture, Malasya.
- STRICKLAND, J. D. H. y T. R. PARSONS, 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada, Bulletin No. 167*: 310.
- TOOKWINAS, S., 1990. Pen culture techniques of marine shrimp in Thailand. *Info Fish Int. 2* (90): 30-40.
- WALFORD, J. y T. J. LAM, 1987. Floating hatchery and net gage culture of *Penaeus indicus* in the Straits of Johore, Singapore. *Aquaculture 67*: 11-32.
- WESTON, D. P., 1991. The effects of aquaculture on indigenous biota. En: D. E. BRUNE y J. R. TOMASSO (Eds.) *Aquaculture and water quality. Advances in World Aquaculture 3*: 534-567.

Recibido: 12 de septiembre de 1996.

Aceptado: 9 de abril de 1997.