

## Retos y perspectivas de la camaronicultura en la zona costera

Federico Páez-Osuna\*

Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología,  
UNAM, Apdo. Postal 811, Mazatlán 82000, Sinaloa, México (Miembro Titular de El Colegio de Sinaloa)

Recibido 8 Noviembre 2004, revisado 25 Noviembre 2004, aceptado 8 Diciembre 2004

---

*Challenges and perspectives of shrimp aquaculture in the coastal zone*

### Abstract

This work provides some generalizations on the importance of the coastal zone, treating the problematic, the main challenges and perspectives of the shrimp farming. A general panoram is presented on the aquaculture in the international context, treating the shrimp farming and examining the causes, effects, and mitigating alternatives related with the environmental impact during the siting, operation and abandonment of farm facilities. Additionally, are included some comments on the implications of the shrimp farming as sustainable activity. It is presented a summary on the global production and shrimp cultured species. In the last section is discused the sustainable shrimp aquaculture as part of the integral coastal zone management and are listed a series of regulations applied in Asian countries. Finally, a set of recommendations are included to obtain an environmentally friendly aquaculture.

*Keywords:* Shrimp farming, environmental impacts, diseases, sustainability

---

### Introducción

La zona costera se halla situada en la confluencia de los continentes, el mar, y el aire; es explotada por el hombre para obtener alimentos, como sitio recreativo, para el transporte, como área de desechos y otras necesidades. Por estas y otras razones, alrededor del 60% de la población humana reside dentro de una zona no mayor de los 60 km de la línea de costa. En adición a su tradicional valoración como fuente de producción primaria y secundaria y de biodiversidad, la importancia de los océanos en los ciclos de energía y materiales esta comenzando ahora a ser apreciada. Se estima que los océanos contribuyen con un total de US \$ 21 trillones/año al bienestar humano (Costanza, 2000). Las estimaciones varían, pero entre los diferentes expertos, hay un acuerdo general de que una gran

proporción de los hábitats costeros del mundo están en varios grados de degradación. En la Fig. 1 se ilustra la progresión global de cómo los hábitats y los recursos costeros han sido amenazados. El mapa destaca como las líneas de costa que bordean a las naciones industrializadas del hemisferio norte son las que están experimentando una considerable contaminación. Las expectativas es que en el corto plazo, se van a exacerbar los problemas de degradación de la zona costera en las naciones en desarrollo de las áreas tropicales y subtropicales, donde, actualmente, se esta dando un crecimiento poblacional y de urbanización acelerados. Cinco son los grandes problemas relacionados con los impactos antropogénicos que sufren los océanos (Costanza et al., 1997): (1) aporte de los contaminantes desde los continentes, (2) derrames y disposiciones de desechos, (3) sobrepesca, (4) des-

---

\* Autor para correspondencia

E-mail: paezos@servidor.unam.mx; Tel.: +52 6999852845 a 48; Fax: +52 6699826133



Figura 1. Áreas costeras del mundo significativamente impactadas por el hombre (modificado de Alongi, 1998).

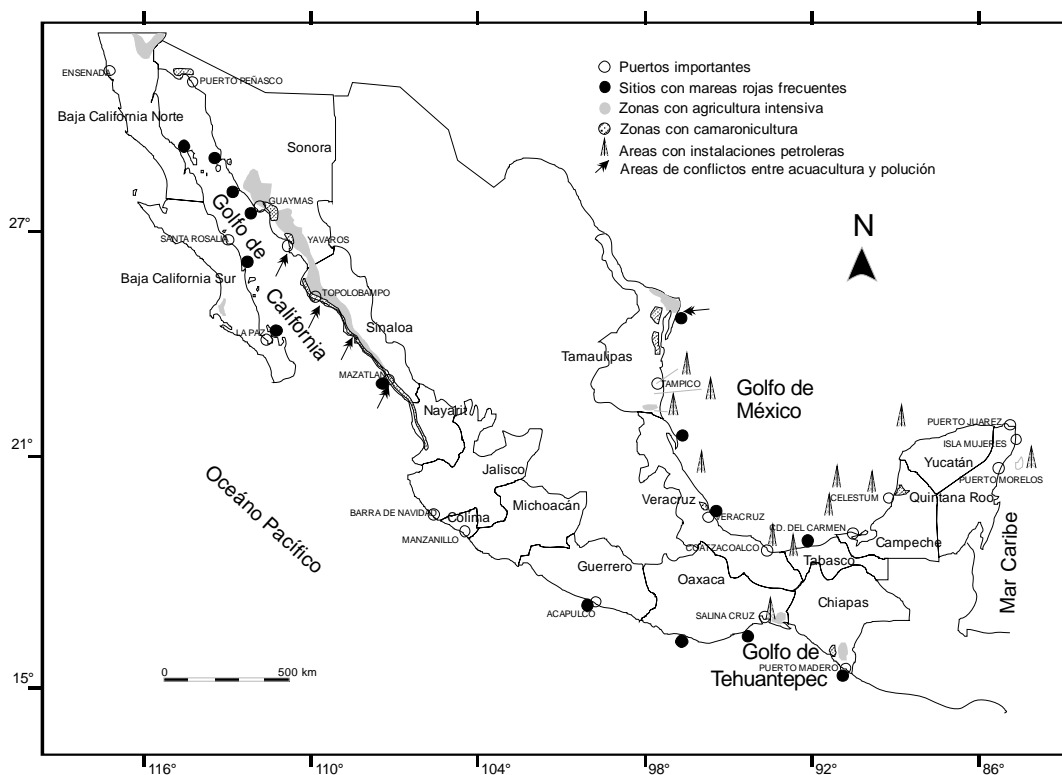


Figura 2. Áreas costeras de México significativamente impactadas por el hombre (modificado de Páez-Osuna et al. 1998).

trucción de los ecosistemas costeros y (5) el cambio climático. Estos problemas en la actualidad permanecen como una amenaza sustancial en la escala global y uno de los retos mayores tiene que ver con discernir algunos efectos producidos por la contaminación y aquellos derivados de la variabilidad natural.

México, al igual que muchas partes del mundo, exhibe prácticamente los mismos problemas, con algunos retrasos y consecuencias propios de su ubicación geográfica, su clima y su grado de desarrollo. Una manera muy simple de diagnosticar las amenazas para la salud de las aguas costeras es visualizar las principales actividades económicas que se presentan en los 17 estados costeros y sus más de diez mil kilómetros de litoral (Fig. 2).

Tanto las mareas rojas como el varamiento de mamíferos marinos han sido observados desde hace muchos años. Muchos navegantes europeos fueron astutos observadores de estos fenómenos episódicos. Sin embargo, en estas últimas décadas, la frecuencia, extensión y duración de los eventos de mareas rojas parecen haberse incrementado, aunque los estudios son en la mayoría de casos aislados (Harvell, et al., 1999). Tanto gobiernos como instituciones académicas y organizaciones ecologistas han gastado miles de millones de dólares para investigar y obtener datos sobre la salud de los ecosistemas costeros y el océano.

Existen distintas estimaciones sobre los flujos naturales y antropogénicos, sin embargo, en lo que si hay una coincidencia es en que las magnitudes de ambos aportes son comparables (Páez-Osuna, 2001a). Lo que indica claramente que las actividades humanas han perturbado de manera significativa la distribución y el balance de nutrientes en el planeta. La eutrofización se refiere al proceso de enriquecimiento nutrientes de las aguas dulces o marinas, que estimula la producción acuática primaria y en sus más severas manifestaciones da lugar a florecimientos algales y, a veces, a un crecimiento de macrófitas sumergidas y flotantes (Libes, 1992). El problema de la eutrofización es muy probable que se exacerbe en los próximos años debido al incremento de las tasas de erosión por la expansión de la irrigación en las áreas áridas y semiáridas, al incremento de las exportaciones de nitrógeno por actividades

agrícolas y ganaderas, al aumento de las áreas costeras dedicadas a la maricultura y a la insuficiente depuración de las aguas residuales municipales (Wu, 1999).

### La acuicultura en el contexto internacional

Con los avances tecnológicos las pesquerías se desplazaron más allá de los mares vecinos marginales y el hombre se vio obligado, a finales del siglo veinte, a abandonar algunas pesquerías tradicionales. Los nuevos “stocks” y especies para captura se volvieron sobreexplotados y, a fines del último milenio, las capturas de peces, crustáceos y moluscos alcanzaron los 85 millones de t año<sup>-1</sup> (Rana y Immink, 2000). En las décadas de los ochenta y los noventa, la producción por acuicultura, tanto en las aguas continentales como marinas se incrementó rápidamente, con una producción desde el mar que alcanza más de 18 millones de t año<sup>-1</sup> (FAO, 1999).

La distribución geográfica global de la acuicultura esta fuertemente sesgada hacia el continente Asiático y, en particular, hacia China. En 1997, Asia produjo el 97% del total mundial, siendo China el país con una mayor contribución (67%), seguido de India (4.9%) y Japón (3.7%). China es el país que tiene mayor influencia en la producción acuícola, siendo la mayor parte para consumo local (Rana y Immink, 2000). Globalmente, las áreas costeras han sido predominantemente utilizadas para producir moluscos y plantas acuáticas. Peces y crustáceos son cultivados solamente en cantidades relativamente pequeñas con una especie, el camarón tigre (*Penaeus monodon*), entre las diez más cultivadas.

La producción acuícola mundial alcanzó 36 millones de toneladas en 1997 –con un valor económico en dólares de Estados Unidos de \$ 50•10<sup>12</sup>, confirmando la premisa de que en muchos países la acuicultura puede contribuir significativamente en el bienestar de la población, tanto local como nacional (Rana y Immink, 2000). Por lo tanto, para proteger y alentar a este sector, los gobiernos de China, India y Tailandia han reconocido que un desafío clave será regular aquellas actividades externas al sector acuícola para

minimizar su impacto en el cultivo y viceversa. Estos países se han propuesto llevar a cabo una planeación para, colectivamente, apoyar el sector y mantener un ambiente saludable.

En estos últimos veinte años ninguna actividad económica ha alcanzado un crecimiento tan acelerado como la camaronicultura en las áreas tropicales y subtropicales del mundo. A diferencia de lo ocurrido en los períodos previos en que se establecieron la agricultura y el turismo, el desarrollo de la camaronicultura ha ido acompañado de un debate controvertido sobre los impactos ambientales, económicos y sociales (Páez-Osuna, 2001a).

Entre 1-1.5 millones de ha de las zonas costeras del mundo han sido convertidas en granjas camaronícolas, principalmente en países como China, Tailandia, India, Indonesia, Filipinas, Malasia, Ecuador, México, Honduras, Panamá y Nicaragua (Páez-Osuna, 2001b). En algunas localidades de estos países, el crecimiento de la industria camaronícola ha alcanzado un desarrollo tal que ya se han manifestado diferentes síntomas de impacto ambiental. Estos impactos han provocado caídas significativas en la producción, brote de enfermedades y la implementación de regulaciones sobre las operaciones acuícolas, además de diversas preocupaciones relacionadas con la salud y el uso y sostenibilidad de la zona costera.

Esta revisión examina globalmente las causas, efectos y las alternativas de mitigación relacionadas con el impacto ambiental durante la instalación, operación y abandono de las granjas camaronícolas. Finalmente, se exponen algunos aspectos relativos a las implicaciones de la camaronicultura como una actividad sostenible.

### **Producción global y especies en cultivo**

En el ámbito internacional, hay un consenso general de que las capturas de camarón silvestre, tanto de bahía y como de alta mar, han alcanzado ya su máximo sostenible –del orden de 1.6-2.2 millones de toneladas–, y que la demanda de camarón puede ser satisfecha únicamente a través de la camaronicultura (Páez-Osuna, 2001a). En 1998 la producción de camarón de granja fue de ca.

850,000 t año<sup>-1</sup>, obtenidas a partir de un área de operación de 999,350 ha, producidas en su mayoría en la región asiática seguida de Latinoamérica.

De las más de 30 especies de camarón que se cultivan en estanques, solamente unas cuantas son de importancia en términos de producción a gran escala. Cinco especies incluyen casi toda la producción acuícola asiática, siendo el camarón tigre *Penaeus monodon* el más utilizado debido a su gran tamaño y rápido crecimiento. *Fenneropenaeus merguensis* y *Fenneropenaeus indicus* son los cultivados comúnmente en Asia. Otras especies importantes en la región son *Fenneropenaeus chinensis*, cultivada en China, y *Marsupenaeus japonicus* en Japón, Taiwan, China y Brasil (Rosenberry, 1998). En América hay dos especies comúnmente cultivadas, *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris* (Páez-Osuna, 2001a).

### **Causas y efectos ambientales de la camaronicultura y alternativas de mitigación**

Algunos de los efectos ambientales de la camaronicultura han sido discutidos ampliamente en la literatura y no serán detallados aquí (Primavera, 1998; Páez-osuna et al. 1998). Estos pueden ser relacionados con los problemas que ocurren durante el asentamiento y operación de los estanques camaronícolas y cuando las granjas son abandonadas (Tabla 1). La porción de la zona costera que ha sido convertida en estanques camaronícolas incluye principalmente a los terrenos salitrales, marismas, áreas de manglar y tierras agrícolas. El impacto más evidente y de mayor consecuencia es probablemente la destrucción directa de manglares y marismas. La reducción de áreas de manglar se asocia con la camaronicultura en diversas localidades de Asia y América. Grandes áreas de manglares han sido convertidas en granjas de peces y de camarón en Filipinas, Indonesia, Tailandia, Vietnam, Bangladesh, Ecuador y Honduras (Páez-Osuna, 2001b). Es muy probable que en otros países la situación se haya repetido, sin embargo no hay información disponible al respecto (tal es el caso de México, por ejemplo). De cualquier modo, del total de 1-1.5 millones de ha dedicadas a la camaronicultura en el

Tabla 1. Causas, efectos y acciones de mitigación del impacto ambiental relacionadas con la camaronicultura durante la construcción, operación y abandono de las estanquerías (Modificado de Páez-Osuna, 2001b).

Causa	Efecto	Acción Mitigadora
<i>Durante la construcción de los estanques</i>		
Destrucción de manglares y marismas	Pérdida de hábitats y áreas de crianza; erosión costera; reducción de la biodiversidad; reducción de las capturas de especies comercialmente importantes; acidificación; y alteración de los patrones de drenaje	Asentamiento en áreas adecuadas considerando la topografía, el régimen de mareas, el tiempo de residencia del agua, tamaño del cuerpo de agua y capacidad para asimilar efluentes; incluir zonas de amortiguamiento; mantener un balance aceptable de los manglares y el área de estanquerías y estanques buffer y el área de estanquería camarónica.
Conversión de tierras agrícolas (arrozales y cocoteros)	Producción de suelo salino y alteración del patrón de drenaje	Requiere justificación socioeconómica y considerar el patrón de drenaje.
Conversión de salitrales	Alteración del patrón de drenaje y efectos no conocidos (?)	Considerar el papel ecológico de estos ecosistemas y el patrón de drenaje de la región (?)
<i>Durante la operación de estanques camarónicas</i>		
Captura de poslarva	Reducción de la poslarva silvestre y de la biodiversidad; reducción de las capturas de especies comercialmente importantes.	Utilizar poslarva de laboratorio; definir áreas específicas, épocas y las cantidades.
Descarga de los efluentes camarónicas de los estanques	Deterioro de la calidad de las aguas receptoras (disminución del oxígeno disuelto, reducción de la penetración de la luz, y cambios en la macrofauna béntica) eutrofización (?), mareas rojas (?)	Policultivos incluyendo peces, moluscos, manglares, halófitas, <i>Artemia</i> ; eliminación o reducción de la tasa de intercambio; utilización de estanques de sedimentación-oxidación; mejoramiento en el suministro y la composición del alimento.
Escape de poslarva acuícola	“Contaminación Biológica” de las poblaciones silvestres	Optimización en el manejo e incluir nueva tecnología.
Proliferación de enfermedades	Brotos de enfermedades, infección de las poblaciones silvestres	Buena calidad del agua y bajas densidades de siembra; control ambiental (poslarva altamente sana y control de enfermedades) buen alimento con agentes profilácticos incluyendo Probióticos.
Descarga de sustancias químicas	Desarrollo de resistencia entre los organismos patógenos y efectos desconocidos sobre otros organismos	Las sustancias químicas deberán ser seguras; aplicación efectiva de los antibacterianos y prevenir la descarga de efluentes con niveles tóxicos en los cuerpos de agua adyacentes.
Intrusión de agua salina	Contaminación de los acuíferos	Evitar el bombeo de agua subterránea para los estanques; reducir o evitar el empleo de agua dulce; utilizar liners (fondos de plástico).
Disposición de los sedimentos	Liberación posterior de nutrientes, materia orgánica y sustancias químicas	Usar liners y probióticos; utilizar áreas de descarga de sedimentos; esparcir el sedimento seco que fue aireado otra vez en los estanques; recolectar el sedimento y utilizar para la plantación de manglares.
Excesivo uso de agua	Competencia con otros usuarios del agua (?)	Reducir o eliminar la tasa de intercambio de agua.
<i>Granjas camarónicas abandonadas</i>		
Estanques abandonados	Competencia con otros usuarios por espacio (?)	Restaurar para reforestar mangle; rehabilitar para estanquerías de camarón u otras especies para estanques buffer.

mundo, es posible estimar a la fecha que entre el 20-40% de esta superficie fue obtenida a partir de la deforestación de manglares (Páez-Osuna, 2001b).

Los ecosistemas de manglar proporcionan una variedad de funciones y servicios ecológicos todos relevantes (véase Mitsch y Gosselink, 2000). Un punto de mayor preocupación desde el punto de vista económico es el impacto de los manglares sobre la productividad de las aguas costeras y las pesquerías. Cuando se incluye a los beneficios provenientes de las pesquerías y a los forestales, se ha estimado que los ecosistemas de manglar tienen un valor de 600 a 11,600 US \$ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Páez-Osuna, 2001a).

En contraste, se ha especulado que las marismas son de bajo valor ecológico, concibiéndolas como tierras de desecho de escaso valor económico. Esto ha provocado que haya una considerable pérdida de marismas que han sido transformadas para uso agrícola, industrial, marinas y, desde luego, granjas camaronícolas. Sin embargo, pocos intentos se han hecho para evaluar las áreas de marismas en términos económicos y ecológicos. En el caso de las áreas susceptibles para conversión camaronícola, es urgente identificar y evaluar los servicios ecológicos de las marismas a fin de considerarlas adecuadamente en el contexto de un programa de manejo integral de la zona costera (ICZM en inglés).

Un impacto común asociado con el sistema de cultivo intensivo de camarón es el provocado por la filtración de aguas salobres provenientes de los estanques de cultivo que contamina las aguas subterráneas y los campos agrícolas adyacentes. Esto ha sido observado en algunas localidades de Tailandia, donde la construcción de las estanquerías camaronícolas se ha dado detrás de las zonas de manglar, donde los humedales de agua dulce y las áreas de cultivo de arroz han sido afectados por la intrusión salina generada por el bombeo de agua subterránea para los estanques (Dierberg y Kiattisimkul, 1996). Este fenómeno eventualmente provoca costos sociales relacionados con la reducción en el suministro del agua para uso agrícola y doméstico, decrecimiento en las pesquerías y la posterior marginalización de los pescadores y jornaleros agrícolas. La alternativa en estos casos es simplemente reducir drásticamente o

evitar el bombeo de agua subterránea a los estanques camaronícolas y, en casos críticos de salinización de los pozos, utilizar un sistema de liner, es decir, de fondos de plástico (Páez-Osuna, 2001b).

### **Efluentes de los estanques camaronícolas**

El efecto adverso provocado por los efluentes de los estanques camaronícolas sobre la calidad del agua de los estuarios y lagunas costeras depende de varios factores: (1) de la magnitud de la descarga, (2) de la composición química de los efluentes (sólidos suspendidos, nutrientes y materia orgánica) y (3) de la característica de las aguas receptoras (e.g. tasa de dilución, tiempo de residencia y calidad del agua). Los efluentes de los estanques camaronícolas típicamente están enriquecidos en sólidos suspendidos, nutrientes y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con concentraciones que dependen del manejo (Páez-Osuna et al., 1999). Mientras los estanques de tipo extensivo producen pocos desechos, los de tipo semi-intensivo producen cargas intermedias; es evidente que con el grado de intensificación (i.e., mayor densidad de siembra, uso de agua, alimento y fertilizantes) se produce un incremento en la carga de desechos. Con excepción de Tailandia donde ca. 55% de las granjas camaronícolas son manejadas intensivamente, el sistema dominante que más se emplea en el mundo es el de tipo semi-intensivo (Rosenberry, 1998).

Cuando los efluentes que se derivan de la agricultura, la industria, y las áreas municipales son combinados el deterioro de la calidad del agua se intensifica. Del mismo modo, cuando las condiciones climáticas (nublados y poco viento) y de las mareas (cuadratura o marea muerta) se combinan temporalmente, resultan con frecuencia en un serio deterioro de la calidad del agua en los estanques camaronícolas y en las aguas adyacentes. En algunas localidades del noroeste de México han ocurrido significantes pérdidas relacionadas con este tipo de eventos como resultado de la mortalidad del camarón provocado por la anoxia que ocurre durante la noche (Páez-Osuna, 2001a). Para enfrentar el impacto de los efluentes camaronícolas se han considerado numerosas

alternativas, sobresaliendo el policultivo de bivalvos, peces y camarón utilizando agua de los estanques para alimentar los ostiones, almejas y macroalgas. Recientemente, ha llamado la atención el uso potencial de los efluentes camarónicos para irrigar plantas salinas. Brown y Glenn (1999) han estimado que en las granjas que descargan agua solamente durante la cosecha, el agua de un estanque de 1 ha podría ser utilizada para regar 18 ha de halófitas por 1 semana o 1 ha de halófitas por 18 semanas. Esta interesante opción sería más efectiva en aquellos lugares donde no hay limitaciones en cuanto al terreno disponible, o bien en áreas donde los manglares no se desarrollan, tal como en las llanuras salitrales, comunes, por ejemplo, en el noroeste de México. Asimismo, estos autores explican que una posible tendencia en el empleo de la tecnología de halófitas es que el agua de drenaje hipersalina de estos campos de cultivo podría ser aprovechada para cultivar *Artemia* o el alga *dunaliella*. Finalmente, el exceso de agua de estas operaciones podría ser usado para la producción de sal. Alternativamente, las halófitas podrían ser utilizadas en conjunción con los manglares.

El mejoramiento de los diseños de los estanques, la construcción de estanques de oxidación-sedimentación, y la reducción o eliminación de las tasas de intercambio de agua son ejemplos de acciones para mitigar los efectos adversos causados por el deterioro de la calidad del agua. Similarmente, el mejoramiento en el método de suministro del alimento y la composición del mismo puede ser una estrategia efectiva para disminuir la carga de nitrógeno y fósforo liberado al ambiente (Páez-Osuna, 2001b).

Respecto a la posibilidad de emplear a las áreas de manglar como biofiltros de los efluentes camarónicos previo a su descarga en costas o lagunas costeras constituye una opción atractiva que ha sido considerada por varios investigadores. Alongi et al. (1992) han demostrado que los manglares son altamente eficientes en eliminar sólidos y nutrientes de los efluentes municipales y acuícolas. La desnitrificación en los sedimentos de manglar puede potencialmente mejorar la calidad ambiental de los efluentes de los estanques camarónicos. En este sentido Rivera-Monroy et

al. (1999) han evaluado que por cada ha de estanquería semi-intensiva se requiere entre 0.04 y 0.12 ha de manglar para poder reciclar completamente el nitrógeno inorgánico disuelto contenido en los efluentes de los estanques. En este contexto, también Robertson y Phillips (1995) han estimado que se requieren de 2 a 3 ha de manglar por cada ha de estanque camarónico de tipo semiintensivo, mientras que por cada ha de estanque tipo intensivo, se requieren 22 ha ó más, según el manejo. Esto ha permitido proponer, a una escala regional, una relación óptima de área de manglar/área de estanquerías camarónicas, para lograr un balance adecuado entre las áreas dedicadas a la camaronicultura y las áreas a conservar de manglar.

Es evidente que el uso de los manglares como filtro para tratar los efluentes camarónicos constituye una herramienta atractiva para reducir el impacto de los efluentes camarónicos en aquellas regiones donde ocurren este tipo de ecosistemas. Sin embargo, en aquellas localidades donde los manglares fueron eliminados o simplemente no ocurren biogeográficamente, como es el caso de algunas costas áridas subtropicales, otras alternativas deberán ser consideradas.

## Enfermedades

Las enfermedades representan el obstáculo más grande para el futuro de la camaronicultura. Las granjas y los laboratorios productores de poslarva son susceptibles a la invasión de hongos y bacterias, pero las enfermedades virales son las que provocan las pérdidas más grandes (Rosenberry, 1998). Países como Taiwan (1987-1988), China (1993-1994), Indonesia (1994-1995) e India (1994-1996), Ecuador (1993-1996), Honduras (1994-1997) y México (1994-1997) han sufrido colapsos significativos en la producción debido a distintas enfermedades. A pesar de que esto ocurre con diferentes climas, grados de intensificación y especies, todos tienen como factores en común la rápida expansión, la carencia de control ambiental y el incremento de la incidencia de las enfermedades (Páez-Osuna et al., 2003).

La descarga de los efluentes de los estanques camarónicos esta asociada con la degradación

ambiental de las aguas receptoras. Estas mismas aguas receptoras frecuentemente sirven como agua de ingreso para las granjas vecinas y puede proporcionar el medio para esparcir agentes de enfermedades. El suministro de poslarva altamente saludable, alimento de buena calidad con el uso de agentes profilácticos, incluyendo probióticos, buena calidad del agua y densidades de siembra baja, son algunos ejemplos de medidas que se podrían recomendar para lograr un control de las enfermedades en la camaricultura.

### **Productos químicos y biológicos utilizados en camaricultura**

En comparación con otras actividades como la agricultura, el empleo de sustancias químicas en la camaricultura es pequeño. Sin embargo, varias preparaciones químicas y biológicas son aplicadas en los sedimentos y el agua de los estanques, o bien incorporados en el alimento del camarón. Considerando su acción, los productos de uso en la camaricultura pueden clasificarse como sigue: (a) terapéuticos y desinfectantes (e.g. yodo, formol, verde malaquita, oxitetraciclina, cloramfenicol); (b) acondicionadores del agua y de los sedimentos (e.g. cal, zeolita); (c) descomponedores de la materia orgánica (bacterias + preparaciones de enzimas); (d) algicidas y piscicidas (e.g. compuestos del cobre, saponina); (e) promotores del crecimiento del fitoplancton (fertilizantes inorgánicos y orgánicos) y (f) aditivos alimenticios (vitaminas, minerales y hormonas).

Mientras que las sustancias más comunes utilizadas en los estanques camaronícolas son los fertilizantes y la cal, las demás son usadas con menor frecuencia. El excesivo uso de antibióticos en la camaricultura de tipo intensivo genera una elevada preocupación acerca de los posibles efectos de su liberación en los hábitats adyacentes. La principal preocupación está relacionada con el uso repetido y prolongado de antibióticos que da lugar al desarrollo de una resistencia entre patógenos. Desgraciadamente, actualmente no hay información para ilustrar y dar detalles de los efectos sobre las poblaciones bacterianas de las instalaciones acuícolas y las aguas receptoras asociadas.

### **Acumulación de sedimentos de los estanques**

La intensidad del cultivo camaronícola es proporcional a la cantidad de desechos, lo cual se refleja en los sedimentos. En estanques de tipo semi-intensivo se ha estimado que de la carga total de nutrientes se acumulan en los sedimentos hasta el 27.4% ( $<38.8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$ ) de nitrógeno y el 63.5% ( $17.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$ ) de fósforo (Páez-Osuna et al., 1997). En algunas regiones, particularmente el sureste Asiático, el sedimento que es acumulado en los estanques durante cada ciclo de producción es eventualmente dragado o se deja oxidar después de cada cosecha como una práctica de mantenimiento para obtener una calidad del agua aceptable durante el siguiente ciclo de producción. Para resolver esto, algunas granjas han designado áreas sin siembra, o bien esparcen el sedimento seco otra vez a los estanques desde donde fue dragado para promover la oxidación de la materia orgánica. Otra opción es recolectar el sedimento y utilizarlo para la reforestación de mangle.

### **Captura y succión de poslarva silvestre**

La captura de poslarva para sembrar los estanques de camarón es o fue, sin duda, otro de los puntos críticos de la camaricultura. A pesar de que la poslarva de laboratorio es disponible ahora en muchas regiones, la poslarva silvestre todavía es utilizada como fuente de suministro en muchas localidades. El problema de esta práctica es que durante la colecta de la poslarva silvestre de interés, otros organismos como crustáceos, peces y zooplancton en estadios tempranos de desarrollo son capturados y eliminados. Se estima que por cada millón de poslarvas de camarón se destruyen de 4-7 millones de organismos de otras especies (DeWalt et al., 1996). La alternativa de mitigación en estas regiones consiste en regular la captura de poslarva silvestre estableciendo sitios, períodos y cuotas adecuadamente y estimulando el uso de la poslarva de laboratorio.

Otro efecto que suscita un gran debate entre los expertos, relacionado con la camaricultura y las pesquerías, es el de la succión de poslarva mediante el bombeo en los llamados canales de llamada que



se conectan a los esteros y lagunas costeras. Se sospecha que hay una transferencia significativa de poslarvas a lo largo del ciclo de cultivo provocando un impacto adicional a las poblaciones naturales de camarón y, consecuentemente, a las pesquerías del crustáceo. Considerando el número de granjas que operan y la cantidad de agua bombeada, es obvio que algunas poslarvas podrían ser transferidas hacia los estanques, sin embargo, no hay evidencia científica de que esta actividad este afectando a las pesquerías de camarón. Es necesario investigar cuidadosamente el posible efecto del bombeo sobre las pesquerías con objeto de aclarar la incertidumbre sobre los efectos de esta práctica (Páez-Osuna et al., 2003).

Existen algunos indicios que sugieren que la práctica de la captura de poslarva silvestre ha reducido significativamente la abundancia de las pesquerías de camarón de las regiones afectadas, provocando el “efecto de producción inversa” (Páez-Osuna, 2001b). Este efecto se define como la conversión del camarón silvestre por el camarón de granja y ocurre cuando la tendencia en la captura de camarón silvestre (de bahía y de alta mar) decrece con el tiempo, con el consecuente incremento en la producción de camarón de cultivo. Ejemplos de este comportamiento se han observado en Filipinas (Primavera, 1997) y Tailandia (Dierberg y Kiattisimkul, 1996). Por ejemplo, los datos de los últimos diez años en el noroeste de México muestran un patrón similar evidenciando el citado “efecto de producción inversa” (Páez-Osuna et al., 2003). Otro factor relacionado con el “efecto de producción inversa” está vinculado con la destrucción del mangle o conversión de las áreas de manglar en estanques de cultivo o para otros usos. Numerosos estudios (Páez-Osuna, 2001a; 2001b) han señalado que los ecosistemas de manglar tienen diversas y valiosas funciones, incluida la de ser área de crianza de crustáceos en los estadios iniciales.

#### **Estanques camaronícolas abandonados**

La expansión continua de la industria camaronícola asiduamente resulta en colapsos catastróficos provocados principalmente por las enfermedades virales y bacterianas. La vida media

de un estanque camaronícola es variable, dependiendo de varios factores (e.g. manejo de la tecnología aplicada, calidad del agua y características del sedimento); sin embargo, se tienen antecedentes del sureste Asiático que indican una viabilidad de 7-15 años. La restauración ambiental de los estanques abandonados es complicada debido a que muchas de las condiciones ambientales que originalmente favorecieron el crecimiento de manglares han sido alteradas, los patrones de drenaje han sido interrumpidos y la capacidad del sustrato para soportar la vegetación ha sido destruida (Páez-Osuna, 2001b). Las alternativas posibles de reutilización de las áreas ocupadas por los estanques camaronícolas es su conversión en estanques de producción de sal, su utilización para cultivar otras especies de crustáceos o peces y, finalmente, su restauración para plantar halófitas y/o manglares.

#### **Camaronicultura sostenible**

Hay un consenso más o menos generalizado entre los investigadores que han examinado la camaronicultura en diferentes regiones, acerca de que la actividad camaronícola puede ser desarrollada mediante prácticas que son respetuosas ambientalmente mediante técnicas apropiadas, económicamente viables y socialmente aceptables. La percepción general acerca de la camaronicultura es que está es más benéfica para el ambiente en comparación con otras actividades económicas como la agricultura intensiva, la industria o el turismo. Dos grandes problemas han sido reconocidos en el sector, el primero relacionado con las enfermedades que han ocasionado una disminución en la producción de camarón cultivado y, el segundo relacionado con el enfrentamiento continuo con los conservacionistas. En este último contexto surge la Global Aquaculture Alliance (GAA) que promueve y fomenta los productos acuícolas procedentes de sistemas de producción sostenible y respetuosa con el ambiente. La GAA ha desarrollado una serie de recomendaciones de manejo a los responsables acuícolas basadas en las directrices formuladas por la FAO (Páez-Osuna, 2001a).

Indudablemente, la camaronicultura esta generando beneficios en términos económicos y ambientales comparada con otras actividades antrópicas. La industria camaronícola se reconoce como la alternativa que suplementará a la producción pesquera, generando diferentes oportunidades laborales para la población de las áreas rurales. Respecto al ambiente, esta actividad ha puesto en la mesa de discusiones de distintos foros el importante tema del manejo integrado de la zona costera integral (ICZM) y ha promovido una mayor concienciación en la sociedad y la comunidad científica acerca de la degradación del medio ambiente costero (Páez-Osuna, 2001b). De manera generalizada, también se reconoce que es importante y urgente implementar los planes de manejo integral de la zona costera (ICZM) para prevenir posibles efectos adversos en aguas costeras vulnerables y el esparcimiento de enfermedades en la fauna silvestre y en el propio ser humano. Para la creación e implementación efectiva de un ICZM es necesario enfrentar los cinco impedimentos presentes en la mayoría de los países en desarrollo: el no reconocer los problemas, la falta de capacidad para coordinarse entre los sectores involucrados, la ineficiencia y la discontinuidad administrativa, el desvío de recursos y la falta de información adecuada. Para implementar un plan efectivo de ICZM es indispensable contar con una metodología accesible para los usuarios y hacer un balance entre las medidas de protección de los ecosistemas valiosos y el desarrollo de actividades económicas dependientes de la zona costera (i.e. agricultura, industria, camaronicultura y turismo). Los criterios científicos juegan un papel clave para definir aquellos hábitats costeros que deben ser protegidos y poder establecer un balance óptimo en el uso de los recursos naturales. Desgraciadamente, en muchas regiones del mundo donde la expansión acuícola se está desarrollando, el incorporar o vincular expertos calificados resulta una complicada tarea tanto por la escasez de expertos como por la falta de coordinación entre camaronicultores, autoridades y expertos en el tema.

En algunos países se han desarrollado directrices que fomentan el desarrollo de una

acuicultura sostenible. En Tailandia, por ejemplo, actualmente se cuenta con lineamientos como (Rana e Immink, 2000):

- 1) el área dedicada a la camaronicultura será limitada a 76,000 ha,
- 2) para que todas las granjas de camarón sean asistidas mediante un monitoreo deberán ser registradas previamente,
- 3) todas las granjas mayores a 8 ha deberán de contar con equipo adecuado para el tratamiento de los efluentes de agua,
- 4) el límite de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) de los efluentes de descarga deberá ser menor a 10 mg/L,
- 5) el agua de mar descargada no deberá invadir suelos agrícolas o masas de agua dulce,
- 6) los lodos o sedimentos no podrán ser descargados en canales o áreas públicas.

Finalmente, entre las consideraciones que se pueden recomendar para una acuicultura exitosa están: lograr una planeación real del desarrollo de la acuicultura; enfrentar de manera eficiente los asuntos técnicos respecto al manejo y la prevención de enfermedades, producción de poslarva y nutrición; ejecutar buenas prácticas de manejo; considerar los costos comerciales y no-comerciales; evaluar el manejo de la calidad y cantidad de agua; evaluar cuantitativamente los impactos ambientales producidos; desarrollar y ejecutar planes y estrategias para el manejo integral de la zona costera; desarrollar programas de rehabilitación o restauración de estanques abandonados y un manejo apropiado de los lodos o sedimentos; manejar adecuadamente los conflictos sociales bajo los principios del desarrollo sostenible; desarrollar acuerdos de comercio, políticas gubernamentales e instrumentos de manejo apropiados y, por último, contar con una información que fluya oportunamente entre los científicos y usuarios.

## Bibliografía

- Alongi, D.M. 1998. Coastal Ecosystem Processes. CRC Press, Boca Raton.
- Alongi, D.M., Boto, K.G. y Robertson, A.I., 1992. Nitrogen and phosphorus cycles. En: A.I. Robertson y D.M. Alongi (Eds), Tropical mangrove ecosystems. American Geophysical Union Press, Washington, pp. 251-292.
- Brown, J.J. y Glenn, E.P., 1999. Management of saline aquaculture effluent through the production of halophyte

- crops. *World Aquaculture* 30: 44-49.
- Costanza, R., 2000. The ecological, economic, and social importance of the oceans. En: C. Shepard (Ed), *Seas at the Millenium: An environmental evaluation*. Pergamon Elsevier Science, Ltd., Oxford, pp. 393-403.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. y Van den Belt, P.M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- DeWalt, B.R., Vergne, P. y Hardin, M., 1996. Shrimp aquaculture development and the environment: people, mangroves and fisheries on the Gulf of Fonseca, Honduras. *World Develop* 24: 1193-1208.
- Dierberg, F.E. y Kiattisimkul, W., 1996. Issues, impacts, and implications of shrimp aquaculture in Thailand. *Environmental Management*, 20: 649-666.
- FAO, Food and Agriculture Organization. 1999. *Aquaculture Production Statistics 1988-1997*. Fisheries Circular no. 815 Rev. 11, FAO, Rome.
- Harvell, C.D., Kim, K., Burkholder, J.M., Colwell, R.R., Epstein, P.R., Grimes, D.J., Hofmann, E.E., Lipp, E.K., Osterhaus, A.D.M.E., Overstreet, R.M., Porter, J.W., Smith, G.W. y Vasta, G.R., 1999. Emerging marine diseases-climate links and anthropogenic factors. *Science*, 285: 1505-1510.
- Libes, S.M. 1992. *An introduction to marine biogeochemistry*. John Wiley & Sons, New York.
- Mitsch W.J. y Gosselink J.G. 2000. *Wetlands 3rd Edition*. John Wiley & Sons, New York.
- Páez-Osuna, F. 2001a. *Camaronicultura y Medio Ambiente*. UNAM y El Colegio de Sinaloa, México, D.F.
- Páez-Osuna, F. 2001b. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects and mitigating alternatives. *Environmental Management*, 28: 131-140.
- Páez-Osuna, F., Guerrero-Galván, S.R. y Ruiz-Fernández, A.C., 1998. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 36: 65-75.
- Páez-Osuna, F., Guerrero-Galván, S.R. y Ruiz-Fernández, A.C., 1999. Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal waters of the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*, 38: 585-592.
- Páez-Osuna, F., Guerrero-Galván, S.R., Ruiz-Fernández, A.C. y Espinoza-Angulo, R., 1997. Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in North-Western Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 34: 290-297.
- Páez-Osuna, F., Gracia, A., Flores-Verdugo, F., Lyle-Fritch, L.P., Alonso-Rodríguez, R., Roque, A. y Ruiz-Fernández, A.C., 2003. Shrimp aquaculture development and the environment in the Gulf of California ecoregion. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 806-815.
- Primavera, J.H., 1997. Socioeconomic impacts of shrimp culture. *Aquaculture Research* 28: 815-827.
- Primavera, J.H. 1998. *Tropical Shrimp Farming and its Sustainability*. En: S. De Silva (Ed), *Tropical Mariculture*. Academic Press, London, pp. 257-289.
- Rana, K.J., Immink, A.J., 2000. Farming of aquatic organisms, particularly the Chinese and Thai experience. En: C. Shepard (Ed), *Seas at the Millenium: An environmental evaluation*. Pergamon, Elsevier Science Ltd. Oxford, pp. 165-177.
- Rivera-Monroy, V.H., Torres, L.A., Bahamon, N., Newmark, F. y Twilley, R.R., 1999. The potential use of mangrove forests as nitrogen sinks of shrimp aquaculture pond effluents: the role of denitrification. *Journal of the World Aquaculture Society*, 30: 12-25.
- Robertson, A.I. y Phillips, M.J., 1995. Mangroves as filters of shrimp pond effluent: predictions and biochemical research needs. *Hydrobiologia*, 295: 649-666.
- Rosenberry, B. 1998. *World Shrimp Farming*. Shrimp News International, San Diego.
- Wu, R.S.S., 1999. Eutrophication, water borne pathogens and xenobiotic compounds: environmental risks and challenges. *Marine Pollution Bulletin*, 39: 11-22.