

# La relación de la camaronicultura, el bosque de mangle y el ordenamiento ecológico

José Luis Bortolini R. \* & Gustavo Hernández B. \*\*

## Resumen

**La relación de la camaronicultura, el bosque de mangle y el ordenamiento ecológico.** El cultivo de camarón es una de las industrias que más se ha extendido por el orbe, y para ello se buscan sitios adecuados en donde se puedan establecer y desarrollar granjas camaronícolas. Una de las principales desventajas es la afectación de diferentes ecosistemas, no solo en el lugar donde se establece la granja de cultivo, sino en los también en los adyacentes. El cultivo de camarón se remonta varios siglos antes pero es, a partir de la década de los 80's del siglo pasado, que gracias cambio en la política y el desarrollo tecnológico se favorece una acelerada expansión, lo que ocasiona una mayor presión de los sitios que tienen un potencial para su establecimiento. En México, las áreas en donde se concentran la mayor cantidad de granjas camaronícolas, son las zonas en donde se encuentran los principales bosques de manglar, siendo Nayarit, Sinaloa y Sonora las entidades más afectadas. El siguiente trabajo pretende establecer la importancia de la camaronicultura y el impacto que tiene en el bosque de mangle así como el uso del ordenamiento ecológico como herramienta de planeación para el aprovechamiento sustentable de los recursos.

**Palabras clave:** Camarón, cultivo, manglar, ordenamiento ecológico.

## Abstract

**The relation of shrimp culture, mangrove and the ecological ordering.** Shrimp farming is one of the industries that have extended more by the orb; for this activity looks suitable sites in where shrimp farms can be established and be developed. One of the main disadvantages is the affectation of different ecosystems, not only in the place where the culture farm settles, also in the adjacent ones. The shrimp culture goes back several centuries before; however, is as of the decade of 80's of the last century that, thanks to change in the policy and the technological development, favors one accelerated expansion, causing increased pressure on sites that have a potential for its establishment. In Mexico, the areas in where the greater amount of shrimp farms is concentrate are the zones in where are the main forests of mangles, being Nayarit, Sinaloa and Sonora the more affected. The following work tries to establish the importance of the shrimp culture and the impact that has in the forest of mangle as well as the use of the ecological ordering like tool of planning for the sustainable exploitation of the resources.

**Key words:** Culture, ecological regulations, mangrove, shrimp.

## Résumé

**La relation entre la crevetticulture, la forêt de mangle et l'agencement écologique du territoire.** La culture de crevettes est une des industries qui s'est le plus étendue dans le monde, et les sites adéquats où puissent s'établir et se développer les fermes crevetticoles sont recherchés. Un des principaux inconvénients réside dans l'influence sur divers écosystèmes, pas uniquement sur le lieu où s'établit la ferme de culture, mais aussi dans les systèmes adjacents. La culture de crevette remonte à plusieurs siècles, mais c'est à partir des années 1980, que grâce au changement de politique, et au développement technologique, une expansion accélérée a été favorisée, en occasionnant une plus forte pression sur les sites potentiels. Au Mexique, les zones où se concentre la majeure partie des fermes crevetticoles, sont celles où se trouvent les principales forêts de mangles, avec comme entités plus affectées Nayarit, Sinaloa et Sonora. Le présent travail prétend établir l'importance de la crevetticulture et l'impact qu'elle a sur les forêts de mangle, tout comme promouvoir l'usage de l'agencement écologique du territoire comme instrument de planification pour le développement durable des ressources naturelles.

**Monts clefs:** Crevettes, culture, mangle, agencement écologique du territoire.

\* Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, edificio Tlahuizcalpan, segundo piso, Departamento de Biología Comparada, Ciudad de México

Correo electrónico: jlbr@hp.fciencias.unam.mx

\*\* Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, Dirección de Ordenamiento Ecológico.

Correo electrónico: ghernan@ine.gob.mx

## El cultivo

La acuicultura es una de las prácticas que más ha crecido a nivel global, ya que aumentó del 3.9% de la producción total en peso en 1970 al 27.1% en 2000 y al 32.4% en 2004. Este crecimiento sigue siendo más acelerado que el obtenido en cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal. En el orbe, la tasa media de crecimiento de este sector ha sido del 8.8% al año desde 1970, mientras que, durante el mismo periodo, la captura creció a razón del 1.2% y los sistemas de producción terrestres de carne de cría, un 2.8%. Con respecto al grupo de los crustáceos, la tasa de crecimiento en el periodo 2000-2004 es la más alta (19.2%), comparada con los demás grupos de organismos en cultivo a nivel mundial, seguida solo por los peces marinos con un crecimiento del 9.6% en el mismo periodo (Anónimo 2007).

El cultivo de camarón surge en el sureste asiático hace más de cinco siglos. Éste consistía en la captura y encierro de camarones los cuales se desarrollaban naturalmente. El desarrollo de la producción intensiva inicia con el conocimiento de la biología y requerimientos de la especie (*Marsupenaeus japonicus*), comienza en Japón de manera experimental a comienzos de la década de los 30's mediante ensayos experimentales de reproducción en cautiverio llevados a cabo por Fujinaga (Shigueno 1976) y de forma comercial en 1955. Las hembras grávidas eran adquiridas de los pescadores; los huevecillos, una vez ovopositados, eran colocados en recipientes, fertilizados y protegidos hasta el momento de la eclosión; las larvas eran alimentadas con microalgas y otros microcrustáceos hasta la fase postlarva para posteriormente ser depositadas en estanques para su desarrollo y finalmente su cosecha. En la actualidad las especies que son cultivadas en esta zona son *Penaeus monodon* y *M. japonicus*; sin embargo, la introducción de *Litopenaeus vannamei* ha sustituido en gran parte la producción de especies asiáticas locales (Anónimo 2007), gracias a ventajas relacionadas a la

domesticación, menores requerimientos de proteína y un mercado más amplio.

En México, puede decirse que la camaronicultura, comienza en épocas prehispánicas cuando los indígenas de la costa de Sinaloa y Nayarit hacían encierros en las lagunas costeras. Posteriormente, la producción por medio de cooperativas se establece en la década de los años 30's; en 1967 da inicio el programa de investigación para el cultivo de camarón, auspiciado por dependencias públicas y privadas del país, dándose el primer logro en el cultivo de camarón (*Litopenaeus stylirostris*) en Puerto Peñasco, Sonora (Cifuentes *et al.* 1997).

De manera general, existen tres tipos de camaronicultura. El primero, y más utilizado en los comienzos de esta práctica es el sistema extensivo, seguido del sistema semi-intensivo y por último el intensivo, éste, el menos utilizado. Cada uno de ellos está definido por el manejo y la intensidad en que se usan recursos bióticos y abióticos siendo los más importantes son: el porcentaje de recambio de agua dentro en los estanques, la densidad de siembra de camarones, la producción de camarón, por unidad de área, el tipo y las tasas de la alimentación y, la forma y tamaño de los estanques (Tabla 1). En México, el sistema de cultivo más difundido entre los acuicultores es el sistema semi-intensivo y existe la tendencia a practicar el sistema intensivo siendo necesario un alto control sobre diversos parámetros fisicoquímicos del agua (Páez & Ruiz 2001).

En el comienzo, la industria dependía, en mayor o menor grado, de la semilla silvestre, las postlarvas que se sembraban provenían del medio natural, capturadas, aclimatadas y depositadas en las instalaciones en donde se desarrollaría el proceso de engorda, más tarde, cuando las tecnologías se desarrollaron. El tercero, dependía del suministro de postlarvas provenientes de laboratorios. Con el paso del tiempo, la práctica de sembrar semilla silvestre ha disminuido, pues tiene como principales desventajas la falta de control debido a una siembra multiespecífica y la propagación de



enfermedades. A la fecha, los laboratorio productores proveen casi en su totalidad la semilla que será utilizada por los camaronicultores durante los ciclos de engorda (Páez & Ruiz 2001).

La gran mayoría de las granjas camaroneras del país, se encuentran localizadas en las costas del Pacífico, particularmente en los estados de Nayarit, Sinaloa y Sonora, situación que favorece el desarrollo económico y social de la costa del noroeste de México, algunas más en el estado de Yucatán, mientras que para el resto de los estados costeros en el golfo de México como Chiapas y Campeche, las granjas camaronícolas tienen aproximadamente una década de estar instalándose con una tendencia al aumento en tamaño, número y eficiencia de éstas. Debido a las transformaciones en las políticas del agro mexicano en la década de los 30's, aproximadamente el 80% de las granjas son propiedad del sector social organizado en

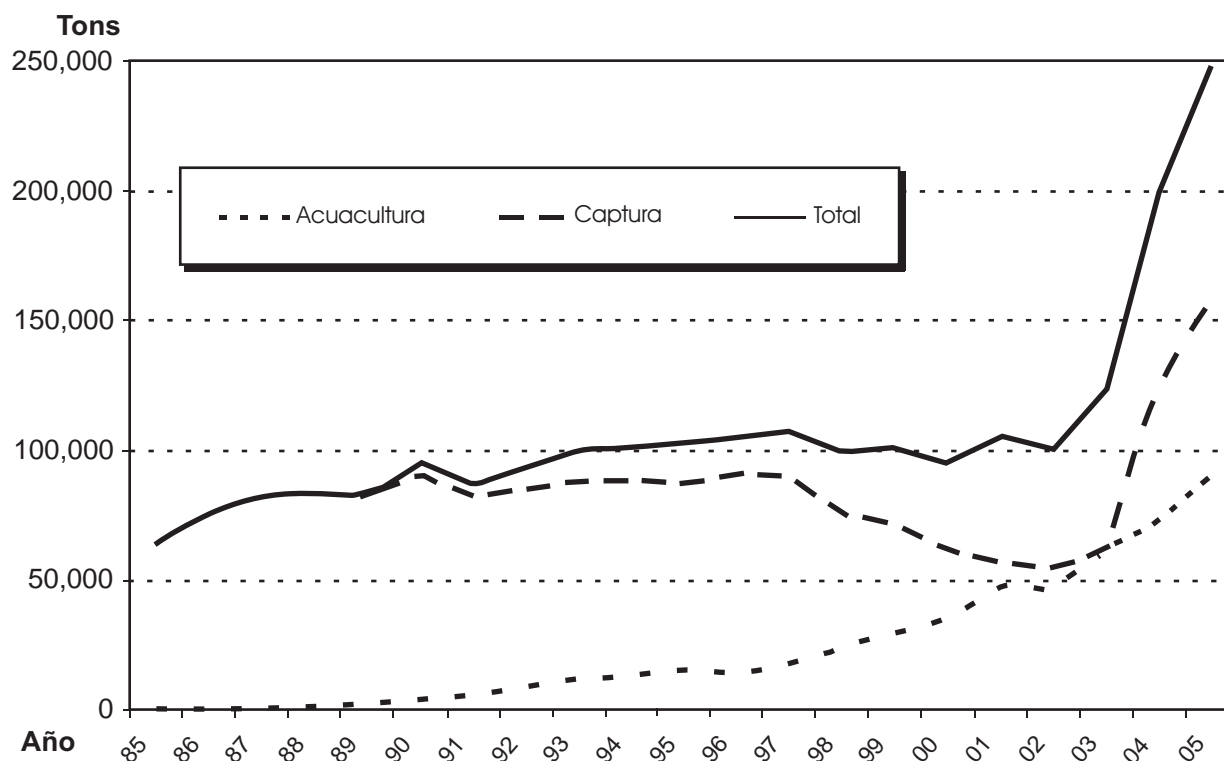
cooperativas las cuales son manejadas por ellos mismos. Tales granjas son relativamente pequeñas con uno o dos estanques que en ocasiones excede las 15 a 20 ha y su operación no es durante todos los ciclos de siembra, los procesos de producción tienden a ser en sistemas extensivos o semi-intensivos, con valores de rendimiento que oscilan en la tonelada por ha/ciclo (Berlanga 1999).

Cerca del 48% del camarón producido por camaronicultura, proviene de las granjas del sector social, mientras que el otro 52% proviene de las granjas operadas por el sector privado, lo que hace evidente que las granjas privadas son más productivas. En el periodo de 1990 a 1997, la producción en granjas tiene un crecimiento estable, alcanzando un máximo de 15,867 tm en 1995; ésta se incrementó en un 22% anual, con una caída en 1996 (13,315 tm) (Fig. 1), debido posiblemente a los problemas originados por la diseminación de enfermedades virales como

**Tabla 1.** Factores involucrados en diferentes sistemas de cultivo. (Tomado y modificado de Páez & Ruiz 2001).

Características	Nivel de intensidad		
	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo
<b>Infraestructura física</b>			
Tamaño de los estanques (ha)	2-150	5-20	0.25-4
Forma de los estanques	Irregular	Rectangular o semirectangular	Rectangular
Profundidad (m)	0.4-1.0	0.7-1.2	1.0-2.0
<b>Operación</b>			
Origen de la postlarva	Silvestre	Silvestre y laboratorio	Laboratorio
Manejo de agua	Mareas con bombeo opcional	Bombeo	Bombeo
Tasa de recambio (%/día)	< 5%	< 5-15%	< 5-20%
Aereación	Intercambio natural	Intercambio natural / aereadores	Aereadores e intercambio
Densidad de siembra (postlarvas/m <sup>2</sup> )	1-3	5-25	25-50
Alimento	Natural y en ocasiones suplementario	Natural o suplementario	Natural o suplementario
Producción (tm/ha/cosecha)	0.1-0.5	0.4-2.1	2-5

### Serie histórica de pesca y acuicultura de camarón en México (1985-2005)



**Figura 1.** Serie histórica de la producción de camarón en México 1985-2005 en toneladas de producto. Los valores por captura corresponden a aguas abiertas, zona costera y aguas protegidas. (Tomados de Anónimo 1999, 2001, 2002, 2003b, 2004, 2005d).

es el caso del virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyetiva infecciosa (IHHNV, por sus siglas en inglés) (Rosenberry 1998), repuntando nuevamente en el año de 1997, para finalmente tener una producción en 2004 de 72,279 tm (Anónimo 1999, 2001, 2002a, 2003b, 2004, 2005d).

Hoy en día, la camaronicultura aporta, el 20-25% de la producción total en México, un 50% proviene de las capturas en alta mar y el resto de aguas protegidas, con exportaciones de 38,211 tm en 1998, de las cuales 37,447 (98%) son a los Estados Unidos, 514 (1.3%) a España y 64 (0.16%) a Japón. El sector camaronícola en el país tiende a profesionalizarse y tecnificarse día con día, con el apoyo de fuentes de financiamiento de la banca internacional y en menor medida, de la banca nacional (De Walt *et al.* 2002).

#### **El manglar**

Los manglares o bosques de manglar son comunidades de árboles y/o arbustos que se encuentran en zonas tropicales y subtropicales del mundo, y que de manera natural se sitúan en aguas salobres o estuarios en la zona costera, los cuales se desarrollan entre los 25° de latitud norte y sur que corresponde en su totalidad a la zona intertropical del planeta; sin embargo, también se desarrollan en las costas de África y más al sur en Australia y Nueva Zelanda, alrededor de los 41° de latitud sur, en Japón, fuera de la zona tropical, alrededor de los 36° de latitud norte y en los Estados Unidos a los 29° del mismo hemisferio. Este tipo de vegetación está adaptada para una fijación en suelos flojos, húmedos, periódicamente sumergidos y con una salinidad determinada,

derivada del intercambio de aguas continentales con aguas marinas. Presentan diferentes grados de viviparidad de sus frutos, raíces respiratorias y adaptaciones xeromórfica, su desarrollo óptimo ocurre en aguas desde 0 ‰ hasta hipersalinas con 70-80 ‰ (Day *et al.* 1989).

La temperatura ambiental es otro factor que determina la presencia de los bosques de manglar, la cual se presentara en zonas en donde la temperatura no se encuentre en promedio mensual por debajo de los 20°C (Little 2000). Este tipo de vegetación está conformado por unas 50 especies agrupadas en 11 géneros y ocho familias (Day *et al.* 1989) (Tabla 2).

De éstas, entre ocho y diez especies han sido descritas para América; cinco para las costas atlánticas de África y diez para las costas del océano Índico; la mayor concentración de especies, entre 32-36, se han descrito en la región del Indo-Pacífico oeste (Little 2000, MacNae 1968a).

Los beneficios ambientales derivados del manglar está bien documentados (Aboudha & Kairo 2001). Desempeñan un importante rol ecológico y de protección en los ciclos de vida de muchas de las especies que allí se encuentran, principalmente en estadios larvarios y juveniles de invertebrados y peces, dando protección también a aves, mamíferos y reptiles así como de otros tipos de flora.

**Tabla 2.** Familias y géneros que conforman los bosques de mangle a nivel mundial (Day *et al.* 1989).

Avicenniaceae	Meliaceae
<i>Avicennia</i>	<i>Xylocarpus</i>
Combretaceae	Chenopodiaceae
<i>Conocarpus</i>	<i>Sueda monoica</i>
<i>Laguncularia</i>	Plumbaginaceae
<i>Lumnitzera</i>	<i>Aegialitis</i>
Myrsinaceae	Sonneratiaceae
<i>Aegiceras</i>	<i>Sonneratia</i>
Rhizophoraceae	
<i>Rhizophora</i>	
<i>Brugiera</i>	

Proveen de materia orgánica y nutrientes a la productividad primaria y secundaria del mismo sistema y los adyacentes, factores que lo determinan como un sistema natural de alta energía y de elevada productividad; Heald (1971) demostraron la existencia de redes alimenticias dependientes de la producción orgánica originada en este sistema. El esfuerzo en el entendimiento de los sistemas de manglar no ha sido tan intenso como el ejercido a otros sistemas forestales, aun cuando los intervalos de productividad para éste tipo de sistema es de los más altos, con un promedio de 0.1 a 1.2 kg de masa seca/m<sup>2</sup>/año. A su vez, la zona de manglar también actúa como una trampa de contaminantes que son retenidos y neutralizados por el mismo suelo (Day *et al.* 1989).

El manglar es fuente de productos varios a las comunidades costeras como pértigas, vigas y madera para la construcción de las viviendas, embarcaciones y leña (Tovilla *et al.* 2001), así como sal, taninos, alimentos, colorantes y carbón natural, controla el proceso de erosión del suelo, es utilizado como área de recreación, desde el punto de vista bioecológico, funciona como restaurador en áreas dañadas y es un área de experimentación en la biología propia de la vegetación y biota asociada. Desde el punto de vista social, una de las funciones más importantes es el proveer zonas de pesca para las comunidades locales y hábitat de apoyo en las pesquerías que se desarrollan en la plataforma continental. Desempeñan un papel importante en la estabilización y protección de la costa (MacNae 1968b) al atrapar sedimentos mediante las raíces adventicias y neumatóforos (Davis 1940). De manera puntual, algunos autores como Bandaranayake (1998), registra la utilización de neumatóforos de *Bruguiera gymnorrhiza* y *B. sexangula* en la producción de perfumes y condimentos alimenticios; de *Acanthus ebracteatus*, *A. ilicifolius*, y *Xylocarpus* spp., como fuente de preservadores para el cabello, de *Sonneratia caseolaris* para producir cosméticos de la piel y de *Excoecaria agallocha*



como afrodisíaco. Las cenizas de *Avicennia* sp. y *Rhizophora mangle* son ricas en compuestos sódicos, utilizados como sustitutos alimenticios. La corteza de *B. gymnorrhiza*, *B. sexangula* y *Ceriops tagal* produce adhesivos así como taninos utilizados en la industria peletera de países como Sri Lanka, India y Bangla Desh. Con los frutos de *Rhizophora* spp. se elabora vino y con los de *Sonneratia caseolaris*, una bebida de frutas.

En México, se estima una cobertura de bosques de mangle de 6,600 km<sup>2</sup>, superficie mucho mayor a la observada en la mayoría de los países de América y África. En la costa del Pacífico mexicano se encuentran asentados los más grandes bosques de manglar del país en los estados de Nayarit, Sinaloa y Sonora, siendo el primero de estos estados el más extenso en cuanto a cobertura (Berlanga 1999, Ruiz & Berlanga 1999, Agraz *et al.* 2001).

A nivel nacional, se tienen diferencias en los estimados de pérdidas de la cobertura de los bosques de mangle por las actividades antropogénicas Tovilla (1994), estima un 12% en el periodo 1966-1991; mientras que Yáñez-Arancibia *et al.* (1994), estiman un 60% en el periodo 1970-1992, diferencia que puede atribuirse a las metodologías utilizadas por cada uno de los grupos de trabajo.

Estudios recientes (Ramírez 1998, Berlanga 1999, Ruiz & Berlanga 1999) sugieren que la reducción de cobertura por mangle no está asociada a la construcción de granjas camaronícolas. Como ejemplo, en el sistema lagunar Huizache-Caimanero, en el Estado de Sinaloa, existen unas 400 ha de estanquería y la pérdida de manglar esta asociada principalmente al establecimiento de comunidades rurales y agrícolas, considerando la destrucción de manglar como no substancial.

Estados como Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Campeche y Veracruz tienen un potencial determinado para desarrollar en un futuro la acuicultura marina, existiendo claro, una posible destrucción o alteración en la estructura del manglar, para lo cual se tendrán que establecer programas de monitoreo y

asegurar un impacto mínimo (De Walt *et al.* 2002) mediante normas como la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994, en donde *R. mangle* (mangle rojo) es considerada como especie rara y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erectus* (botoncillo) y *Avicennia germinans* (mangle negro) son especies protegidas.

### La relación camaronicultura-mangle

Debido a la demanda de camarón en las dos últimas décadas por mercados como el norteamericano, europeo y japonés, la industria camaronícola ha tenido un crecimiento importante en las zonas tropicales y subtropicales de varios países (Agraz *et al.* 2001). Solamente en los Estados Unidos de América durante 2001, el consumo per capita fue de 1.54 kg de camarón para un total de 635,000 tm, mientras que el promedio de consumo de atún en sus diferentes presentaciones fue de 1.32 kg (544,000 tm). El principal motivo para el desarrollo de la industria camaronera, es el margen de las ganancias económicas que se conciben por la producción de varias especies, pasando de unas 80,000 tm en 1982 a más de 700,000 en años recientes, aún con las mortalidades masivas ocasionadas por las enfermedades, principalmente por virus (Boyd & Clay 1998). A partir de la información de SAGARPA (Anónimo 2005d), el camarón disponible en el mercado internacional fue de 6,235,000 tm para 2004 (3,787,000 por captura y 2,448,000 por cultivo).

En países tradicionalmente productores de camarón de Asia y América, se ha estimado que las tierras que se encuentran en la zona costera y que han sido transformadas en granjas camaronícolas, ocupan un área de entre 1 y 1.5 millones de hectáreas, teniendo documentada de mejor manera la problemática que se presenta en los bosques de mangle y humedales en donde se ha estimado que sólo el primero de ellos, ha contribuido con más del 40% en algunos países (Rosenberry 1998).

Estas pérdidas, conllevan un deterioro ambiental asociado a las zonas de cultivo pudiendo competir, con la integridad de los ecosistemas adyacentes y el desarrollo de otras actividades económicas como son la industria, las pesquerías, el turismo, la agricultura y la ganadería (Páez 2001). En contraste al sistema de manglar, se encuentran las salinas, humedales y pantanos, ecosistemas que han considerado con un bajo valor económico, atribución por la cual han sido modificados para establecer por ejemplo, marinas o campos de cultivo, además de granjas acuícolas no sólo de camarón (De Walt *et al.* 1996, 2002). Sin embargo, en trabajos como los de Pillay (1992), se establece el gran valor ecológico de estos sistemas como controladores de erosión y áreas de amortiguamiento, zonas de reproducción y cría de algunas especies de peces, crustáceos y moluscos económicamente importantes, además de anfibios, reptiles, aves y mamíferos, los cuales tienen la necesidad de ser estudiados y en su caso, protegidos.

El desarrollo intensivo de la acuicultura ha estado acompañado de un incremento en los impactos hacia el ambiente (Crab *et al.* 2007), esto es debido principalmente a la transformación del suelo en estanques de cultivo, solo en Asia, se calcula que se han talado unas 650,000 ha de bosque de mangle, conformado por varias especies de este tipo de vegetación (Phillips *et al.* 1993). Con relación al régimen hidráulico, se ha demostrado que independientemente de que exista tala o no, los bosques de manglar sufren alteración debido a la modificación de los niveles del agua, dando como resultado, una transformación en la estructura vegetal (Lahmann *et al.* 1987, Buitrago 1989, Naylor *et al.* 1998, Tobey *et al.* 1998), hecho que demuestra que el bosque de mangle es afectado en mayor o menor grado, dependiendo de los factores abióticos involucrados.

La Procuraduría Federal de Protección del Medio Ambiente (PROFEPA), destaca de manera puntual al estado de Sinaloa como una región en donde se presentan problemas de

tala de manglar para la construcción de granjas acuícolas. Por otro lado, en términos de cobertura vegetal, el grado de deterioro escapa de la resolución en métodos como la fotografía aérea y las imágenes de satélite, lo que indica un crecimiento moderado de las granjas camaronícolas, las cuales se concentran en las llanuras de inundación estacional (Agraz *et al.* 2001).

Durante el establecimiento y operación de los estanques de cultivo en la zona de manglar, figuran pérdidas de hábitat y áreas de crianza de la fauna asociada a este ecosistema, erosión de la zona costera, reducción en la biodiversidad, disminución de las pesquerías económicamente importantes, acidificación del medio, contaminación hacia los bancos naturales de camarón debido a la transfaunación y aporte de medicamentos y subproductos propios de la actividad que se desarrolla en las granjas así como la alteración del patrón de drenaje de los cuerpos de agua (De Walt *et al.* 1996, 2002).

Barbier & Cox (2002), mencionan cifras correspondientes a la pérdida de la cobertura de la zona de manglar en algunos países del mundo; por ejemplo Bangla Desh, el cual poseía 7,500 ha en 1976 y sólo 973 en 1988 (Hossain *et al.* 2001); Ecuador ha perdido aproximadamente 50% de sus bosques de mangle en los últimos 20 años (Lacerda *et al.* 2002); Filipinas perdió alrededor de 50% de sus 279,000 ha, entre 1951 y 1988 (Primavera 1995); el estado de Florida, en Estados Unidos, ha perdido aproximadamente 40% de sus manglares a partir de la década de los 60's debido a los rellenos para desarrollos residenciales y comerciales (Agraz, *et al.* 2001); Honduras, en su región del golfo de Fonseca, ha perdido el 33% de su cobertura total de mangle, a razón de unas 3,000 ha por año, calculándose una ausencia total en el año 2020 (De Walt *et al.* 1996, Lal 2002); la India perdió aproximadamente 50% entre 1963 y 1977 (Barbier & Cox 2002); Indonesia perdió entre 1960 y 1990, 269,000 ha de manglar (Harrison & Pearce 2000); en Kenia, entre 1921 y 1976, 9,922 ha de manglar fueron convertidas en salinas,

teniendo para el año de 2001 menos de 50,000 ha (Yap & Landoy 1986); Malasia perdió 17% de su cobertura del manglar entre 1965 y 1985 (Barbier & Cox 2002); Tailandia ha perdido, aproximadamente de 50 al 65% de sus bosques de manglar de 1975 a la fecha, con pérdidas anuales promedio de más de 6,000 ha (Spalding *et al.* 1997, Hinrichsen 1998, Barbier 2000, Sathirathai & Barbier 2001, Barbier & Cox 2002); Vietnam ha registrado pérdidas de más del 80% de su cobertura de manglar en los últimos 50 años (Anónimo 2002b, Thornton *et al.* 2003). En otros lugares de Asia, África y Latinoamérica, la pérdida de manglar ha sido de entre 30% y 70% en los últimos 30 a 40 años, dependiendo el país. A nivel nacional y debido a diferencias y delimitación de las zonas de manglar y en la estimación de velocidad de pérdida de mangle por unidad de tiempo, existen discrepancias en los trabajos de diferentes autores, por ejemplo Tovilla (1994) estima una pérdida del 12% de la cobertura de mangle en los últimos 25 años con un estimado de 660,000 ha de cobertura total, mientras que Yañez-Arancibia *et al.* (1994) estiman una cobertura total de entre 480,000 a 500,000 ha, con una pérdida del 60% en el periodo comprendido entre 1970 y 1992. La literatura marca pérdidas de manera puntual en diferentes lugares en ambas costas del país, sin embargo, estas pérdidas están atribuidas no solo al establecimiento y desarrollo de granjas productoras de camarón sino a otras actividades como son la agricultura, el urbanismo y actividades turísticas.

Otro impacto común en las zonas adyacentes a las granjas de cultivo, originado por el transporte de importantes masas de agua, es la salinización del suelo y la alteración de fuentes de agua dulce, mismas que se ocupan en actividades económicas varias como la agricultura, teniendo un costo social, representado por un menor abastecimiento de agua para este tipo de consumo, marginación de zonas de pesca y por ende un desplazamiento de las actividades laborales de las comunidades humanas asentadas anteriormente. A más largo plazo y debido a la

extracción de agua del subsuelo, otro problema muy común es el hundimiento de la tierra, teniendo que bombear agua cada vez a niveles más profundos (Bailey 1988, Primavera 1991).

Desde el punto de los procesos químicos, existen factores como la hipernutricación y la eutroficación, que en gran medida son favorecidos gracias a la adición de fertilizantes inorgánicos y/o alimentos propios de los organismos en cultivo, los cuales se componen en un gran porcentaje de harina y aceite de pescado (Crab *et al.* 2007), que contienen una variedad de elementos como fósforo y potasio, calcio, magnesio y sulfuro y algunas trazas de metales pesados como cobre, zinc, boro, manganeso, hierro y molibdeno y finalmente nitrógeno inorgánico, el cual es considerado como el factor limitante más importante en el desarrollo en el ambiente marino (Dugdale 1967, Crab *et al.* 2007). Otro problema asociado a estos altos niveles de nutrientes es la presencia e incremento de poblaciones de organismos patógenos (Crab *et al.* 2007). Cabe mencionar que son muy pocos los países o regiones productoras que tienen datos precisos de las descargas hacia los afluentes o el total de la carga de elementos como nitrógeno o fósforo (Pillay 1992).

Los herbicidas y los biocidas son químicos que de manera casi inadvertida afectan a la acuicultura y al ambiente, ya que son utilizados como agentes terapéuticos y los cuales se disuelven en los cuerpos de agua antes de llevar a cabo la siembra; este tipo de sustancias son controladas rigurosamente por algunos países debido a que son considerados carcinogénicos.

Otro factor involucrado en el proceso de producción de camarón es el uso de antibióticos y que en años recientes ha tenido un desarrollo significativo; sin embargo, el valor para el control de enfermedades es controvertido ya que este tipo de sustancias son utilizadas como profilaxis o para el control de enfermedades que se presentan en las granjas y laboratorios; estos medicamentos son administrados generalmente vía alimento



o disueltos en el agua. Desgraciadamente es conocido el desarrollo creciente de resistencia de los microorganismos a estos antibióticos; un ejemplo de ello es el caso de las bacterias las cuales requieren de concentraciones cada vez más altas o el cambio de productos utilizados y así mantener una determinada eficacia de su control. Por otro lado, se ha demostrado que estos productos son importantes en la salud pública pues son bioacumulados en algunos tejidos del organismo como piel, hueso, tejido graso y músculo (Páez & Ruiz 2001, Tobey *et al.* 1998).

La camaronicultura moderna, para ser competitiva, tiene que ser una actividad totalmente diferente a la practicada en sus inicios. Involucra condiciones técnicas especializadas (Neori *et al.* 2004) y un grado de conocimiento, del hábitat, la fisiología y los ciclos de vida de las especies, no sólo del camarón a producir sino también de la flora y fauna asociada a los estanques de cultivo; además, el domesticar nuevas especies que cubran los requerimientos biológicos para poder ser explotadas a nivel comercial, en cuanto a la investigación se refiere, involucra grandes periodos en el proceso de tener resultados concretos así como una gran cantidad de recursos económicos y humanos que muchas veces no se complementan.

### **El ordenamiento ecológico como herramienta de sustentabilidad entre el bosque de mangle y el cultivo de camarón**

El ordenamiento ecológico como instrumento de política ambiental en nuestro país, tiene su fundamento legal en los artículos 26 y 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Anónimo 2005a); 33, 34, 35 y 44 de la Ley de Planeación (Anónimo 2003a), y 19 y 20 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Anónimo 2005b-c), que establece las competencias jurídicas y administrativas de la Federación, los Estados y municipios, en materia de ordenamiento ecológico del territorio, así como los criterios para la regulación ambiental de los

asentamientos humanos.

El Programa de Medio Ambiente 2001-2006 señala que, para lograr un “desarrollo sustentable” que asegure la calidad del medio ambiente y la disponibilidad de los recursos naturales en el largo plazo, es necesario promover una gestión ambiental integral y descentralizada a través de instrumentos como el ordenamiento ecológico del territorio.

En tiempos recientes se ha dado especial énfasis en el desarrollo de propuestas para definir mecanismos más ágiles y eficientes para la gestión en el marco del ordenamiento ecológico territorial (Anónimo 2006a), esto con la finalidad de que los diversos actores involucrados en ésta técnica de planeación se incorporen y se apropien del ordenamiento ecológico para mejorar las relaciones entre la población, los recursos naturales y las actividades económicas, se requiere incorporar a los gobiernos correspondientes para que aprueben y establezcan con carácter de Ley los ordenamientos ecológicos en sus territorios, de tal forma que con carácter legal y social regulen el uso del suelo así como el uso de los recursos naturales sin afectar el desarrollo económico territorial, y más bien orientando o reorientando adecuadamente las actividades económicas.

El ordenamiento ecológico, al ser un instrumento de planeación del territorio, y que por su naturaleza involucra a los diferentes subsistemas territoriales, hace hincapié en la relación entre los hombres, la naturaleza y los procesos productivos, de tal manera, que la visión es de carácter sistémica y permite establecer cuáles son los principales elementos que modelan los territorios y sus relaciones entre sí, de manera tal que se logre identificar y proponer el mejor uso del suelo. Una vez establecidas las relaciones entre los subsistemas territoriales y contando con propuestas para la planeación de los territorios, el subsistema político asume un papel relevante, debido a que es el responsable de generar políticas públicas y lineamientos legales que faciliten la puesta en marcha de las mejores formas de apropiación del espacio,

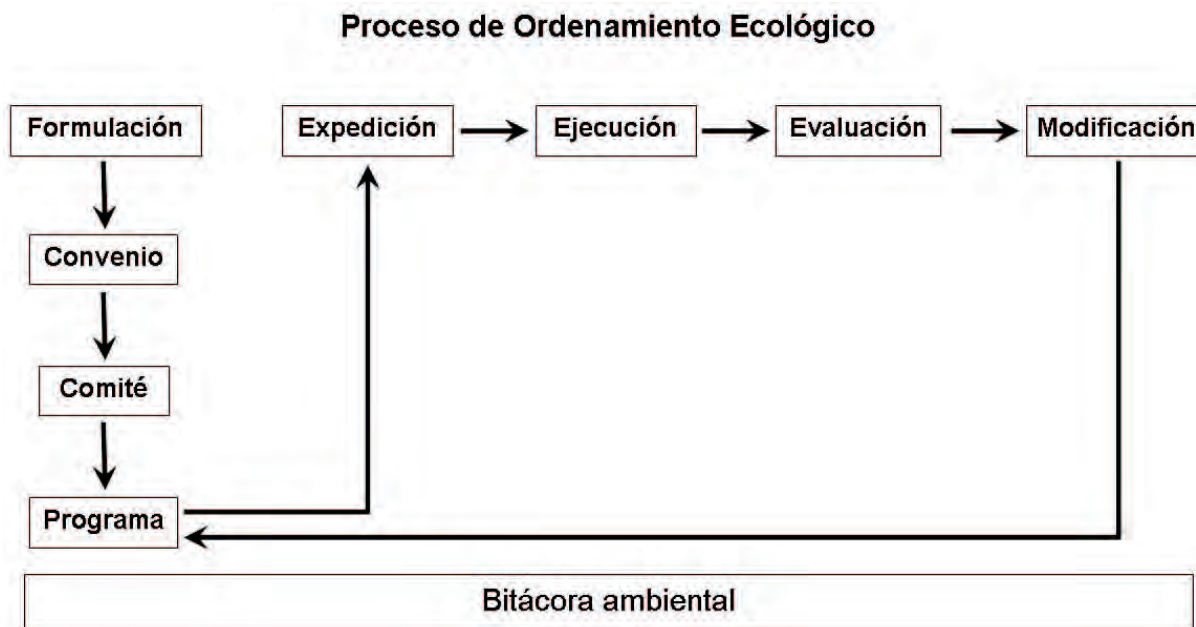
para conformar territorios socialmente ocupados, que tengan como finalidad el uso sustentable de los recursos naturales.

Es importante que todas y cada una de las etapas que le dan forma al proceso de ordenamiento ecológico que se muestran en la Figura 2, incorporen a los actores correspondientes y permitan el ágil desarrollo del proceso, es importante considerar que no son los mismos actores en todas las etapas, y por ello de la importancia que se incorporen los correspondientes en cada una de las etapas, esta situación, facilitará el avance progresivo y sistemático del ordenamiento y así se garanticen los resultados esperados para los diferentes subsistemas territoriales. De esta manera es factible que este instrumento se convierta en una verdadera herramienta de planeación territorial y de política ambiental que impulse de manera sustentable el desarrollo de las diversas regiones en el país.

Gracias a las tendencias y preocupaciones mundiales (cambio climático, deshielo de bloques polares, destrucción de la capa de ozono y sequías, entre otras) y nacionales (deforestación, incendios forestales, erosión

del suelo, sobreexplotación de acuíferos, entre otros), en torno al deterioro del medio ambiente y el mal uso de los recursos naturales (García 2006), buena parte de los estados de la República Mexicana han optado por gestionar y asignar recursos financieros para elaborar e instrumentar planes de ordenamiento ecológico en su territorio como parte integral del ordenamiento territorial, lo anterior, con la finalidad de incorporarse a la brevedad a las políticas nacionales de desarrollo sustentable, de tal manera que a la fecha más de veinte estados ya cuentan con un ordenamiento ecológico en alguna de sus diferentes etapas de implementación.

Este instrumento de planeación tiene como un importante aporte metodológico la decisiva incorporación y participación de la sociedad civil, que junto con los órganos de gobierno reconocen y acuerdan las mejores propuestas de desarrollo sustentable para el territorio (Anónimo 2006a). Esta participación activa y determinante por parte de la población, significa un verdadero logro de la sociedad civil en la integración de propuestas y trabajos para mejorar en lo general las condiciones de



**Figura 2.** Esquema general del proceso de ordenamiento ecológico (tomado del Manual de Ordenamiento Ecológico de SEMARNAT, Anónimo 2006a).

vida, además de ser una clara muestra de democracia en dónde la sociedad, el gobierno y otros elementos interesados participan activamente en la toma de decisiones sobre la mejor manera de transformar el espacio y socializarlo de manera sustentable.

Uno de los aspectos que se destacan es el aspecto legal, en dónde la participación de la sociedad es "obligada" de tal manera que los organismos rectores de implementar estos instrumentos son solamente mediadores y conductores de las decisiones que de manera consensuada se determinen entre los diferentes elementos que participan en la implementación de la herramienta de gestión territorial.

Otra de las importantes aportaciones del ordenamiento ecológico es que permite diseñar espacios, generando escenarios futuros, modelos de desarrollo viables a mediano y largo plazo, proporcionando importante información que ofrece certidumbre a la inversión en el impulso de proyectos sustentables que beneficien en forma conjunta a la población (Anónimo 2006a); además puede ayudar a detectar las zonas poco favorecidas que tienen deterioro ambiental o económico, a fin de promover los programas de restauración que se requieren. Asimismo, disminuye de manera efectiva los márgenes de discrecionalidad de la autoridad, acota y reorienta el crecimiento económico hacia la sustentabilidad fortaleciendo la inversión con certeza.

Las tendencias recientes en materia de OET, se explican cuando durante la década de los 80's los gobiernos en el mundo y particularmente en México no presentaban un real interés por la relación del hombre y los recursos naturales (Anónimo 2006a) siendo éstos utilizados de manera indiscriminada para favorecer el desarrollo económico de las regiones, sin verificar los costos ambientales de éstas prácticas. Sin embargo, para finales de la década de los 90's y al inicio del nuevo milenio se acelera una preocupación mundial por la relación entre la naturaleza y la sociedad, producto de fenómenos como el

calentamiento global, el deshielo de grandes bloques polares otros fenómenos locales como incendios forestales, periodos de agudos de estiaje y en general alteraciones de la temperatura y la precipitación.

Todos estos fenómenos han generado una preocupación a nivel mundial y en México por el uso de herramientas de política pública como el OET para equilibrar en lo posible la relación deteriorada entre la naturaleza y la sociedad. Lo anterior tiene sustento legal obligando a instituciones de los tres órdenes de gobierno a incorporar en sus programas ambientales este tipo de técnicas.

En este contexto, en los últimos años se han incrementado a nivel nacional, regional y local, los estudios y programas de OET para favorecer el desarrollo sustentable del país. En forma paralela a la tendencia anterior, se ha producido un fenómeno que tampoco formaba parte del programa original de la legislación ambiental. Se trata de los ordenamientos ecológicos comunitarios, que tienen un sentido normativo idéntico al de los OETs locales y que han proliferado en cantidades aparentemente muy superiores a las de los OETs promovidos desde el Estado dicha proliferación es el resultado de un adecuado manejo metodológico del programa al interior de las comunidades, en dónde la participación activa de la sociedad se ve reflejada de manera casi inmediata en resultados positivos tanto en la economía como en el medio natural, debido a un mejor uso y manejo de los recursos, mejorando así la relación entre el hombre y la naturaleza. Por otra parte, los espacios comunitarios son áreas de dimensiones generalmente reducidas que facilitan la implementación de programas de ordenamiento (Anónimo 2006b); además es común que la población tenga un conocimiento amplio sobre el medio ambiente y con ello se facilita el trabajo teórico y práctico del programa, por lo que para mejorar y hacer mas eficiente y sustentable la relación entre el bosque de mangle y la producción de camarón se requiere de implementar en las localidades en dónde se presentan los elementos antes



mencionados, la herramienta de ordenamiento ecológico a nivel de localidad que mejore las relaciones de sustentabilidad de los diferentes subsistemas que ocupan los territorios costeros.

El incremento de estos programas de ordenamiento, es también consecuencia de que las comunidades solicitan a las autoridades locales la implementación de programas de ordenamiento ecológico, esto debido a que observan buenos y rápidos resultados en comunidades cercanas que cuentan con la instrumentación de un programa similar, de igual forma, cuándo las comunidades solicitan financiamiento para aprovechar algunos de los recursos naturales, las autoridades condicionan el financiamiento y solo lo otorgan con un programa de ordenamiento ecológico de por medio, que garantice el uso sustentable de los recursos naturales. En el caso del actual trabajo como se indica en la Figura 3, se deben tener perfectamente identificados los elementos del medio social y natural que favorecen los apoyos económicos por parte del capital público o privado, para el óptimo desarrollo de la producción del camarón en los bosques de mangle, de tal manera que el

uso y manejo de los recursos naturales base de la actividad económica y del desarrollo social sea siempre de manera sustentable, en donde se logre un equilibrio entre los subsistemas que conforman el territorio, se requiere también, tener claro cuáles son los atributos ambientales o naturales, los principales intereses del sector productivo, una caracterización detallada de las condiciones de vida de la sociedad y finalmente la infraestructura con que cuentan las localidades que pretendan desarrollar esta actividad, que limitan o favorecen el desarrollo productivo.

Es importante hacer notar que estos ordenamientos no son, por definición, ilegales. Desde el punto de vista de los fines del derecho ambiental, ellos representan un tipo de pacto social que constituye una línea sumamente prometedora de ordenamiento territorial. Sin embargo, existe el peligro potencial de que las autoridades municipales emprendan formulación y expedición de ordenamientos locales, en ejercicio de sus facultades legales y que ello se convierta en una fuente de conflicto con los núcleos agrarios. En el escenario más optimista, un régimen confuso del OET

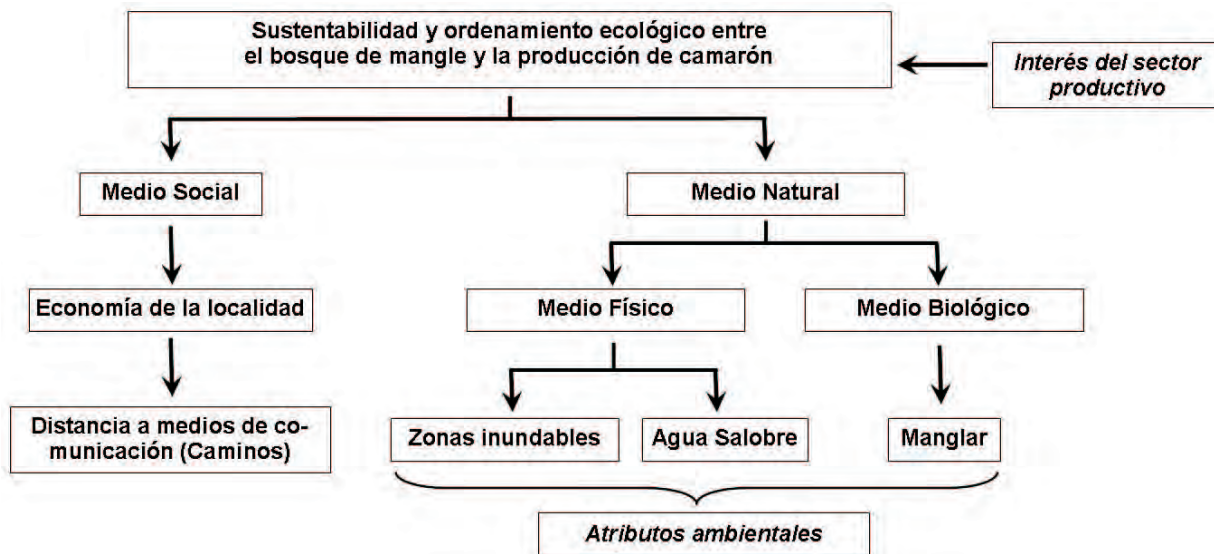


Figura 3. Esquema general del proceso de ordenamiento ecológico (tomado del Manual de Ordenamiento Ecológico de SEMARNAT, Anónimo 2006a).

comunitario puede agravar las tensiones que se presentan entre las localidades más desprotegidas del país y las iniciativas gubernamentales de aprovechamiento y regulación de los recursos naturales (Anónimo 2006b) buena parte de los habitantes de pequeñas localidades comúnmente aisladas espacialmente y hasta marginadas, son los que mejor tienen el conocimiento de su espacio, de sus recursos naturales y de los usos y costumbres de los habitantes, es por ello que no siempre es fácil que reciban gratamente la implementación de un programa de ordenamiento ecológico (POE), por el contrario es común que lo rechacen bajo el supuesto de que por años han vivido en su espacio y sin ese tipo de programas, además de tener una falta de confianza en las autoridades y sus programas de mejora comunitaria, regularmente se resisten a la implementación de programas de todo tipo con la idea de no tener un contacto directo y permanente con las autoridades y así seguir trabajando de manera autónoma y bajo la idea de sus usos y costumbres.

En el OET comunitario se incorpora la dimensión ambiental para poder emprender proyectos productivos, no para inhibirlos (Anónimo 2006b). Esto se hace evidente cuando los ordenamientos comunitarios surgen en áreas naturales protegidas, donde ellos constituyen una especie de pacto social a través del cual las comunidades aceptan una serie de restricciones, a cambio de que se les permita emprender el aprovechamiento de algunos de sus recursos naturales.

En este contexto y con base en las funciones de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y del Instituto Nacional de Ecología (INE), desde el año de 2002 ambas instituciones iniciaron conjuntamente procesos de ordenamiento ecológico comunitario participativo y así dar respuesta a la necesidad de continuar un modelo integral de desarrollo sustentable con enfoque regional que se ha convertido en una responsabilidad de la CONANP.

El esquema de trabajo abarca la generación

de términos de referencia, la conducción a los grupos civiles de procedimientos de planeación participativa, en la construcción de los ordenamientos, y el apoyo técnico del INE y la CONANP a los procesos, y el financiamiento económico por parte de los gobiernos municipales o bien la sociedad civil, incluyendo la apertura de espacios para la retroalimentación entre las comunidades y los grupos involucrados.

Finalmente, la presente propuesta tiene como objetivo principal incorporar el programa de ordenamiento ecológico en la escala correspondiente, como herramienta de política ambiental que favorezca el desarrollo sustentable de los territorios costeros del país, y así mejorar las relaciones que se establecen entre los subsistemas, natural, social y económico que integran el territorio.

### Recomendaciones

De acuerdo con Pillay (1992), es posible mitigar los impactos negativos que tiene la camaronicultura sobre los ecosistemas en donde se desarrolla, cada una de las medidas que se tomen tendrán un costo propio, no solo en el rubro económico, pero cuando estas medidas de mitigación hayan sido analizadas y los costos en el sistema se hayan calculado, el impacto al ambiente se tendrá cuantificado de una manera más fidedigna.

Existen aspectos primordiales en la mitigación de impactos negativos hacia el ambiente como el manejo de los cuerpos de agua y los programas de restablecimiento de los bosques de mangle, en donde se involucran aspectos como el tratamiento de las descargas a los canales que conectan a los estanques con el medio natural; una de las técnicas más utilizadas en el tratamiento de los subproductos resultantes de los procesos de siembra son los estanques de sedimentación u oxidación dentro de la granja, cuya efectividad depende de variables como el diseño del estanque, el área disponible para que se lleve a cabo el proceso de sedimentación de los materiales en suspensión y el tiempo de

retención del flujo de agua y oxidación o descomposición de los subproductos.

Referente al alimento que se proporcionará a los organismos en cultivo, éstos tendrán una gran importancia en el proceso de contaminación del sistema, los cuales deben tener como característica el contener los menos elementos no aprovechables posibles, poseer una alta palatabilidad para ser consumido rápidamente y ser lo más estable posible para evitar pérdidas pues la materia soluble que contienen los flujos de agua están influenciados por la composición del alimento (Pillay 1992). Cerca del 36% del alimento es excretado en forma de desechos orgánicos (Brune *et al.* 2003), y alrededor del 75% del N y P del alimentoso son utilizados y descargados a los cuerpos de agua (Piedrahita 2003, Gutiérrez & Malone 2006). Otro factor que se debe explorar en el proceso de la elaboración de alimentos es la búsqueda de fuentes proteicas económicas y de alta eficiencia en los índices de conversión (Crab *et al.* 2007).

Otros aspectos vinculados con los impactos en la zona de manglar que deben ser atendidos son: la ubicación de las granjas en áreas adecuadas considerando la topografía del terreno y el régimen de lluvias; inclusión de zonas de amortiguamiento separadas de las mismas granjas; un adecuado balance de las áreas destinadas a estanquería de la granja; fomento del cultivo experimental de este tipo de vegetación en áreas deforestadas, considerando la estructura y especies de la comunidad a ser restaurada, entendiendo como restauración al retorno de manglar devastado que presumiblemente se encontraba de manera natural y rehabilitación, el retorno de las poblaciones de manglar a las áreas degradadas (Field 1999).

Para desarrollar un programa de rehabilitación, deben tomarse en cuenta criterios como la efectividad de la resiembra, el grado de reclutamiento de flora y fauna y la eficiencia de la rehabilitación. De estos tres criterios, la primera puede ser considerada como el objetivo inmediato que reconoce un

programa de rehabilitación; la segunda, es la velocidad de rehabilitación dentro del sistema y finalmente, la cantidad de trabajo y recursos que son utilizados. Cabe mencionar que la efectividad y la eficiencia son pocas veces cuantificadas y el reclutamiento es raramente medido. Además de lo anterior, se debe de considerar también la identificación de las causas de la degradación, la evaluación de los criterios seguidos para en la selección del sitio, el origen de las semillas y/o plantas a sembrar, monitoreo de los resultados y finalmente el mantenimiento del ecosistema resultante.

De manera global, debe de darse un mejor y más rápido intercambio de información y tecnología en el manejo y protección de este tipo de vegetación y la promoción de programas de investigación y desarrollo cooperado generando, de forma paralela, soportes financieros adicionales en apoyo a programas de reforestación de áreas alteradas. El gobierno de Kenia, mediante el National Mangrove Committe, propuso entre otras cosas, examinar el uso sustentable del manglar; definir áreas de preservación genética de especies en peligro de extinción y con potencial de explotación; recomendar estrategias de regeneración y repoblación de manglar en la línea de costa con especies ventajosas; educar a la población sobre la importancia del manglar haciendo énfasis en la importancia ambiental, social y económica a gran escala y la observancia de las políticas gubernamentales para el mejor uso y manejo del manglar (Aboudha & Kairo 2001).

Para el caso de México existe la Ley sobre Balance Ecológico y la Ley de Protección al Ambiente de 1988, establecida bajo la Ley Federal de Caza y Pesca, la cual proporciona información acerca de áreas de exploración, áreas de explotación y uso de recursos naturales, sin embargo, prevalece la necesidad de un programa específico a nivel nacional en donde se establezcan las normas para el desarrollo y la regulación de la industria acuícola, manteniendo la integridad ecológica a largo plazo.

Dependiendo del nivel de degradación en



un bosque de mangle, los procesos ecológicos y la diversidad genética puede ser restituida, esta forma de rehabilitación es similar a una restauración. En cuanto a la degradación de los bosques de mangle, existen factores que influyen en la similitud entre un manglar restaurado y una población previamente establecida en un sitio determinado como son los cambios irreversibles en la composición del sistema, la variabilidad natural y la pérdida de los datos del ecosistema original. Un segundo tipo de manejo es el uso del bosque de mangle como paisaje, el cual es un ejemplo particular de conservación, sin embargo, este tipo de aprovechamiento no pretende restaurar un ambiente previamente establecido, si no el poder hacer uso particular de la línea de costa con diversas actividades que están definidas desde un principio y que muchas veces están relacionadas con el ecoturismo, por otro lado, los ecosistemas de manglar pueden ser manejados como sistemas de uso múltiple, implicando cuidados en el manejo y la perturbación sin pérdida de productividad (Field 1999).

En los bosques de mangle que han sufrido una conversión a gran escala a estanquería dedicada a actividades de producción acuícola, se observará un detrimento en el ecosistema, los cuales serán evidentes en primera instancia a nivel local para después ser observables a niveles superiores a plazos medios y largos. Todavía, en muchos lugares del mundo, el cultivo de especies marinas o salobres no está bien desarrollado, dependiendo en gran medida de la utilización de los bosques de mangle para el establecimiento de estanques.

Los cambios ecológicos, la explotación sin control, las medidas sin coordinación en algunas ocasiones inadecuada por parte de los gobiernos, las deficiencias en las políticas, así como la falta de claridad en estas, contribuyen a la pérdida de los bosques de mangle (Day *et al.* 1989).

En muchos lugares o granjas, el mangle es retenido y sembrado entre los estanques de cultivo, indicio de que la camaronicultura o

maricultura de cualquier tipo que se desarrolla a orillas de los océanos y el manglar pueden subsistir en armonía. Una serie de medidas deben de ser empleadas para minimizar la pérdida de áreas de manglar, pero básicamente son los programas de resguardo y protección del manglar no perturbado los más importantes. Los costos y beneficios de desarrollar la maricultura en la zona intermareal implica tomar en cuenta opciones en términos económicos, ambientales y sociales, en espacio y tiempo, así como a los diferentes grupos sociales involucrados.

Se tiene que tomar en cuenta que durante el desarrollo de este tipo de empresas, existirán grupos que estén a favor de los beneficios de cualquier tipo y otros en favor de la protección hacia el medio; la finalidad de este tipo de explotación es encontrar el punto medio en donde todos los eslabones de la cadena resulten favorecidos causando el menor daño posible al sistema natural.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a dos árbitros anónimos la revisión que mejoró este ensayo y a Adriana Muñoz por la revisión del texto. Se agradece a Aitor Aizpuru por la traducción al francés del resumen.

### Referencias

- Aboudha, P.A.W. & J.G. Kairo. 2001. Human-induced stresses on mangrove swamp along the Kenyan coast. *Hydrobiologia* 458: 255-265.
- Agraz, H.C., F. Flores & O. Calvario. 2001. Impacto de la camaronicultura en ecosistemas de manglar y medidas de mitigación. Pp: 372-393, *In*: Páez, O.F. (ed.). Camaronicultura y medio ambiente. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Anónimo. 1999. Anuario estadístico de pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), México, 271 pp.
- Anónimo. 2001. Anuario estadístico de pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México.
- Anónimo. 2002a. Anuario estadístico de pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México.
- Anónimo. 2002b. Vietnam environment monitor 2002. The National Environment Agency/World

- Bank/Danida, Hanoi, Vietnam.
- Anónimo. 2003a. Ley de planeación. Diario Oficial de la Federación, 13 de junio: 21-22.
- Anónimo. 2003b. Anuario estadístico de pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México.
- Anónimo. 2004. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México.
- Anónimo. 2005a. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Superior de Estudios Fiscales, A.C., México. Disponible en [www.libreriaief.com.mx](http://www.libreriaief.com.mx)
- Anónimo. 2005b. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Instituto Superior de Estudios Fiscales, A.C., México. Disponible en [www.libreriaief.com.mx](http://www.libreriaief.com.mx)
- Anónimo. 2005c. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en materia de ordenamiento ecológico. Instituto Superior de Estudios Fiscales, A.C., México. Disponible en: [www.libreriaief.com.mx](http://www.libreriaief.com.mx)
- Anónimo. 2005d. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México.
- Anónimo. 2006a. Manual del proceso de ordenamiento ecológico. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México.
- Anónimo. 2006b. Guía para la elaboración de estudios de ordenamiento local-comunitario. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México.
- Anónimo. 2007. The state of the world fisheries and aquaculture (SOFIA) 2006. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Roma, 180 pp.
- Bailey, C. 1988. The social consequences of tropical shrimp mariculture development. *Ocean Shoreline Manag.* 11: 31-44.
- Barbier, E.B. 2000. Valuing the environment as input: Review of applications to mangrove-fishery linkages. *Ecological Economics* 35: 47-61.
- Barbier, E.B. & M. Cox. 2002. Economic and demographic factors affecting mangrove loss in the coastal provinces of Thailand, 1979-1996. *Ambio* 31(4):351-357.
- Bandaranayake, W.M. 1998. Traditional and medicinal uses of mangroves. *Mangroves Salt Marshes* 2: 133-148.
- Berlanga, R.C.A. 1999. Evaluación de las condiciones actuales y del cambio en los paisajes de humedales de la costa sur de Sinaloa, México: una aproximación con el uso de datos provenientes de sensores remotos. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Boyd, C.E. & J.W. Clay. 1998. Acuicultura de camarones y ambiente. *Investigación y Ciencia* 263: 22-29.
- Bruce, D.E., G. Schwartz, A.G. Eversole, J.A. Collier & T.E. Schwedler. 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquaculture Engineering* 28: 65-86.
- Buitrago, J. 1989. The evaluation of the environmental impacts of shrimp farms in Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr., Univ. Oriente*, 28: 203-211.
- Cifuentes L., J.L., M.P. Torres & M.G. Frías. 1997. El océano y sus recursos. XI Acuicultura. Fondo de Cultura Económica, México, 160 pp.
- Crab R., Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier & W. Verstraete. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270: 1-14.
- Davis, J.H. 1940. The ecology and geological role of mangroves in Florida. *Carnegie Inst. Washington, Pap. Tortugas Lab.* 32: 307-409.
- Day, J.W., C.A.S. Hall, W.M. Kemp & A. Yañez-Arancibia. 1989. *Estuarine ecology*. John Wiley & Sons, Estados Unidos, 558 pp.
- De Walt, B.R., P. Vergne & H. Hardin. 1996. Shrimp aquaculture development and the environment: People, mangroves, and fisheries on the Gulf of Fonseca, Honduras. *World Development* 24(7): 1193-1208.
- De Walt, B.R., J.R. Ramírez, L. Noriega & R.E. González. 2002. Shrimp aquaculture, the people and the environment in coastal Mexico. Reporte del World Bank, NACA, WWF y FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, work in progress for public discussion, 73 pp.
- Dugdale, R.C. 1967. Nutrient limitation in the sea: Dynamics, identification and significance. *Limnology and Oceanography* 12: 685-695.
- Field, C.D. 1999. Mangrove rehabilitation: Choice and necessity. *Hydrobiologia* 413: 47-52.
- García, R. 2006. *Sistemas complejos*. Gedisa, Barcelona, 200 pp.
- Gutiérrez, M.T. & R.F. Malone. 2006. Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquaculture Engineering* 34: 163-171.
- Harrison, P. & F. Pearce. 2000. *The AAAS atlas of population and environment*. American Association for the Advancement of Science, University of California Press, Berkeley, California.
- Heald, E.J. 1971. The production of detritus in a South Florida estuary. *University of Miami, Sea Grant. Bull.* 6: 110 pp.
- Hinrichsen, D. 1998. *Coastal waters of the World: Trends, threats and strategies*. Island Press, Washington, D.C., 275 pp.
- Hossain, M.S., C.K. Lin & M.Z. Hussain. 2001. Goodbye Chakaria Sundarban: The oldest mangrove forest. *Soc. Wetland Sci. Bull.* 18(3):19-22.
- Lacerda, L.D., J.E. Conde, B. Kjerfve, R. Álvarez-León, C. Alcarón & J. Polanía. 2002. American mangroves. Pp: 1-62, *In: Lacerda, L.D. (ed.). Mangrove ecosystems, function and management*. Springer-Verlag, Berlin, 315 pp.

- Lahmann, E.J., S.C. Snedaker & M.S. Brown. 1987. Structural comparison on mangrove forest near shrimp ponds in southern Ecuador. *Interciencia* 12: 240-243.
- Lal, P.N. 2002. Integrated and adaptive mangrove management framework. An action oriented option for the new millenium. Pp: 235-256, In: Lacerda, L.D. (ed.). *Mangrove ecosystems, function and management*. Springer-Verlag, Berlin, 315 pp.
- Little, C. 2000. *The biology of soft shores and estuaries*. Oxford University Press, 252 pp.
- MacNae, W. 1968a. Zonation within mangroves associated with estuaries in North Queensland. Pp: 432-441, *In*: Lauff, G. (ed.). *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science, Publ. 83, Washington, D.C.
- MacNae, W. 1968b. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West Pacific region. *Adv. Mar. Biol.* 6: 73-270.
- Naylor, R.L., R.J. Goldberg, H. Mooney, M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, N. Kautsky, J. Labchenco, J. Primavera & M. Williams. 1998. Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. *Science* 282: 883-884.
- Neori A., T. Chopin, M. Troell, A.H. Buschmann, G.P. Kraemer, C. Halling, M. Shpigel & C. Yarish. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231: 361-391.
- Páez, O.F. 2001. The environmental impact of shrimp aquaculture: Causes, effects and mitigating alternatives. *Environmental Management* 28(1): 131-140.
- Páez, O.F. & A. Ruiz. 2001. La calidad del agua en la camaronicultura: Conceptos manejo y normatividad. Pp: 100-134, *In*: Páez, O.F. (ed.). *Camaronicultura y medio ambiente*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México.
- Phillips, M.J., C. Kwein & M.C. Beveridge. 1993. Shrimp culture and the environment: Lessons from the world's most rapidly expanding warm water aquaculture sector. Pp: 171-198, *In*: Pullin, R.S.V., H. Rosenthal & J.L. MacLean (eds.). *Environment and aquaculture in developing countries*. ICLARM Conference Proceedings 31, Manila.
- Piedrahita, R.H. 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture* 226: 35-44.
- Pillay, T.V.R. 1992. *Aquaculture and the environment*. Blackwell Scientific Publication, Reino Unido, 189 pp.
- Primavera, J.H. 1991. Intensive prawn farming in the Philippines: ecological, social and economic implications. *Ambio* 20: 28-33.
- Primavera, J.H. 1995. Mangroves and brackish water pond culture in the Philippines. *Hydrobiologia* 295: 303-309.
- Ramírez, J.R. 1998. Estimación de las tendencias de cambio ambiental en el estero de Uriás, Sinaloa, México, por medio de un análisis multitemporal (1973-1997) con imágenes Landsat. Tesis de Maestría, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Mazatlán, Sinaloa, México.
- Rosenberry, B. 1998. *World shrimp farming*. Shrimp News International, San Diego, California, 328 pp.
- Ruiz, A. & C.A. Berlanga. 1999. Modifications in coverage patterns and land use around the Huizache-Caimanero lagoon system, Sinaloa, Mexico: A multi-temporal analysis using LANDSAT images. *Est. Coast. Shelf Sci.* 49: 37-44.
- Sathirathai, S. & E.B. Barbier. 2001. Valuing mangrove conservation in southern Thailand. *Contemporary Economic Policy* 19(2): 109-122.
- Shigueno, K. 1976. *Shrimp culture in Japan*. Ass. Internatl. Tech. Promotion, Tokyo, 153 pp.
- Spalding, M.D., F. Blasco & C.D. Field (eds). 1997. *World mangrove atlas*. The International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japón, 178 pp.
- Thornton, C., M. Shanahan & J. Williams. 2003. From wetlands to wastelands: Impacts of shrimp farming. *SWS Bulletin* 20(1): 48-53.
- Tobey, J., J. Clay & P. Vergne. 1998. Manteniendo un balance: Impactos económicos, ambientales y sociales del cultivo de camarón en Latinoamérica. Reporte de manejo costero 2202. Centro de Recursos Costeros, University of Rhode Island, Estados Unidos, 62 pp.
- Tovilla, H.C. 1994. Manglares. Pp: 371-423, *In*: De la Lanza E., G. & M.C. Cáceres. (eds.), *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- Tovilla, H.C., G.E. de la Lanza & D. Orihuela. 2001. Impact of logging on a mangrove swamp in South Mexico: cost/benefit analysis. *Rev. Biol. Trop.* 49(2): 571-580.
- Yañez-Arancibia, A., D. Zárate, J. Rojas & G. Villalobos. 1994. Estudio de declaratoria como área ecológica de protección de flora y fauna silvestre de la laguna de Términos, Campeche. Pp: 144-151, *In*: Suman, D.O. (ed.). *El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación*. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Florida, Tinker Foundation, Nueva York.
- Yap, G.W. & R.J. Landoy. 1986. Development of coastal aquaculture. Report on a survey of the coastal areas of Kenya for shrimp farm development. KEN/80/018, Fisheries Department, FAO, Roma.

**Recibido:** 23 de mayo de 2008.  
**Aceptado:** 13 de enero de 2009.