

El cultivo de camarón en México, actualidades y perspectivas

José L. Arredondo-Figueroa

UAM-I Planta Experimental de Producción Acuícola, Dpto. de Hidrobiología, CBS.
Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa 09340 México, D.F.
Apartado Postal 55-535. E-mail: afjl@xanum.uam.mx

Introducción

A escala mundial los camarones marinos de la familia Penaeidae incluyen a cuatro géneros *Fenneropenaeus*, *Marsupenaeus*, *Litopenaeus* y *Farfantepenaeus* de acuerdo con las últimas modificaciones taxonómicas propuesta por Pérez-Farfante y Kensley (1997). En esta familia existen 60 especies, de ellas más de 50 han sido utilizadas para propósitos de cultivo en diferentes países. En México se cuenta con ocho especies que tiene potencial de cultivo; cuatro de ellas pertenecientes al género *Farfantepenaeus* (que se caracteriza por presentar un téglico cerrado) y cuatro del género *Litopenaeus* (con téglico abierto) (Tabla 1, Figura 1).

Entre las especies que tienen las mejores posibilidades de manejo en sistemas de cultivo destacan el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), el camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y el camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*) en el Pacífico Mexicano y el camarón blanco (*Litopenaeus setiferus*), el camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*), y el camarón café (*Farfantepenaeus aztecus*) en el Golfo de México (Arredondo, 1990).

Rodríguez de la Cruz (1988), menciona que el camarón blanco (*L. vannamei*) y el camarón azul (*L. stylirostris*), son las especies que mayores ventajas presentan para el cultivo, puesto que ya se cuenta con una tecnología efectiva y probada; la primera de ellas se adapta bien al cultivo, tolera altas densidades, intervalos razonables de variaciones ambientales, alta supervivencia en cultivo y tiene buen mercado internacional. Por otra parte, la segunda especie tolera temperaturas bajas y alta salinidad, se adapta bien al cultivo, madura y desova fácilmente en cautiverio y también tiene buen mercado internacional. De hecho, estas especies han sido exportadas al mercado de los EUA, durante más de 30 años a través de la Empresa Ocean Garden, por lo que ya cuentan con un mercado bien establecido, que asegura buenos precios.

De las especies de camarones peneidos que habitan las aguas del Golfo de México, una en particular el camarón blanco, (*Litopenaeus setiferus*), tiene buena posibilidad de ser utilizada en cultivos comerciales. Los estados adultos son típicamente marinos, mientras que las postlarvas y juveniles predominan en ambientes estuarinos. Fue una de las primeras especies que se estudiaron en Galveston, EUA con intenciones de cultivo. Trabajos recientes sobre su reproducción en condiciones de laboratorio y el engorde en estanques, han reforzado la potencialidad que exhibe esta especie en la acuicultura, aunque todavía no se ha logrado el cultivo a escala comercial (Lumare, 1988; Lawrence *et al.*, 1980). La Facultad de Ciencias de la UNAM y el Instituto Nacional de la Pesca, a través del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Campeche y actualmente en Ciudad del Carmen, están realizando un esfuerzo conjunto para lograr el dominio tecnológico de esta especie y poder disponer de una alternativa de cultivo en la zona costera del Golfo de México.

Otra especie es el camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*), que habita en aguas profundas desde los 2 a los 70 metros. Los adultos son típicamente costeros, mientras que las postlarvas y juveniles prefieren las aguas estuarinas. A pesar de que los estudios realizados con esta especie al nivel de reproducción y engorde en estanques (Linder y Cook, 1970; Treece, 2000), no han demostrado su factibilidad de cultivo; sin embargo, en México los estudios prospectivos han señalado un buen crecimiento en estanques.

En la última década, la camaronicultura mexicana ha tenido un rápido y explosivo crecimiento, de tal manera que actualmente nuestro país ocupa el segundo lugar en América Latina después de Ecuador, que es el cuarto productor mundial de este crustáceo.

Antecedentes

El cultivo de camarón en México, se inició en 1969, realizándose las primeras experiencias con el camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*), en las

Tabla 1. Especies de camarones penidos presentes en México con potencial para el cultivo.

Litoral	Especies
Pacífico	<i>Litopenaeus stylirostris</i> Stimpson, 1874 (Camarón azul) <i>Litopenaeus vannamei</i> Boone, 1931 (Camarón blanco) <i>Litopenaeus occidentalis</i> Streets, 1871 (Camarón blanco del sur) <i>antepenaeus californiensis</i> Holmes, 1900. (Camarón café)
Golfo de México y Caribe	<i>Litopenaeus setiferus</i> Linnaeus, 1767 (Camarón blanco) <i>Farfantepenaeus aztecus</i> Ives, 1891 (Camarón café) <i>Farfantepenaeus. duorarum</i> Burkenroad, 1939 (Camarón rosado) <i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> Latreille, 1817 (Camarón blanco manchado)

Fuente: Pérez-Farfante y Kensley, (1998).



Fig. 1. Camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*) cultivado en granjas en México.

instalaciones del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Unidad Guaymas, en el estado de Sonora. Se continuó con el camarón azul (*L. stylirostris*) en el Centro de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad de Sonora (ahora DICTUS), donde para 1975 se lograron resultados alentadores y se habían resuelto los primeros problemas más significativos del cultivo de la especie (Rodríguez de la Cruz, 1988). Por lo que estas dos instituciones pueden ser consideradas como las pioneras en México, del cultivo controlado en laboratorio de las especies de camarones del Pacífico Norte.

En la década de los setenta, en Nayarit se realizan las primeras experiencias de cultivo semi intensivo, utilizando estanques de 100 a 200 hectáreas con control hidráulico. Asimismo, se realizaron trabajos de laboratorio para la producción de postlarvas y su engorde hasta talla comercial. No obstante estos avances, no es sino hasta el final de esta década, cuando en el sur del estado de Sinaloa, se construyen las primeras granjas utilizando el modelo de producción semi intensivo, que empiezan a operar y obtener las primeras cosechas. En los ochenta, la tecnología se mejoró con la construcción de la Granja "Las Grullas", en el margen derecho del Río Fuerte y a partir de este modelo importado de Panamá, se inició un despegue fuerte de la actividad.

En 1991, existían en nuestro país 15 laboratorios de producción de postlarvas de camarones penaeidos y 201 granjas camaroneras que cubrían más de 8,000 hectáreas, de las cuales 142 de ellas se encontraban operando (Gámez y De la Lanza, 1992). Sin embargo, de acuerdo a los datos proporcionados por la Dirección General de Acuicultura, de la entonces Secretaría de Pesca, a finales de 1991, se tenían registradas 136 granjas camaroneras en operación y tan sólo en el estado de Sinaloa, para esa fecha 83 de ellas se encontraban en operación.

Para 1993, se contaba con cerca de 10,000 hectáreas de estanquería incluyendo las obras de los parques acuícolas, con una producción que alcanzó las 11,846 toneladas. Para 1995, ya se cuenta con 14,302 hectáreas y una producción de 15,807 toneladas, lo cual confirma el incremento de la producción y el desarrollo significativo de esta actividad.

En 1996, operaron un total de 284 granjas en un poco más de 18,000 hectáreas. La última información de acuerdo al Anuario Estadístico de Pesca en 1998, reporta un total de 253 granjas en operación, con una superficie de estanquería de un poco más de 17,000 hectáreas y una producción obtenida de cerca de 23,000 toneladas (Tabla 2).

De acuerdo con la información anterior, existen contradicciones en los datos, ya que en 1998 se reportan cerca de 23,000 toneladas y en 1999 la cifra para ese mismo año es de casi 28,000 toneladas. No obstante la diferencia entre las cifras, el crecimiento de esta actividad ha sido impactante en los últimos años, siendo los estados de Sinaloa, Sonora y Nayarit los que disponen de la mayor infraestructura de cultivo. En el estado de Sinaloa, es donde se concentra el mayor número de granjas y superficie de cultivo (47 y 61% respectivamente), ubicadas básicamente en tres polos de desarrollo; en el norte del estado en los municipios de Angostura, Guasave y Ahome; en el centro en Culiacán y Navolato, y en el Sur en Escuinapa, Rosario, Mazatlán, San Ignacio y Elota. La producción de camarón de 1990 a 1999 a través del cultivo se presenta en la figura 2. En ella se destaca la tendencia de la producción en los últimos años, la cual alcanzó su máximo en 1999 con un nivel ligeramente superior a las 28,000 toneladas. La principal especie que se cultiva en las granjas es el camarón blanco (*L. vannamei*), pero debido a problemas de enfermedades virales, el camarón azul (*L. stylirostris*) está ocupando cada día un lugar más preponderante en los sistemas de cultivo.

Tecnologías de cultivo

Los sistemas de cultivo que se practican en México corresponden a diferentes niveles de intensidad tecnológica y se agrupan en cuatro tipos: extensivo, semi-intensivo, intensivo e hiperintensivo (Tabla 3), cuya diferencia estriba principalmente en la densidad, la modalidad de recambio de agua, el porcentaje de recambio de agua, el tipo de alimento empleado, el tamaño del área productiva y los rendimientos acuícolas obtenidos (Arredondo, 1990).

El estudio de más de 70 granjas en el estado de Sinaloa, realizado por la FAO (Food and Agriculture Organization), PNUD (Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo) y la entonces Secretaría de Pesca (SEMARNAP) en 1991, mostró que por lo general se manejan tres niveles de intensidad en ese estado, que son representativos a escala nacional y que son: el extensivo, el semi intensivo y el intensivo.

No obstante, el DICTUS (Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora), desde 1973 ha desarrollado un sistema conocido como hiperintensivo y que Lumare (1988), lo destaca como un modelo en donde la densidad por hectárea fluctúa entre 2 y 6 millones de organismos, con un 300% de recambio de agua diario, un uso intensivo de alimento balanceado, el uso de estanques pequeños y con producciones que alcanzan entre 10 a 112 toneladas por hectárea, y que

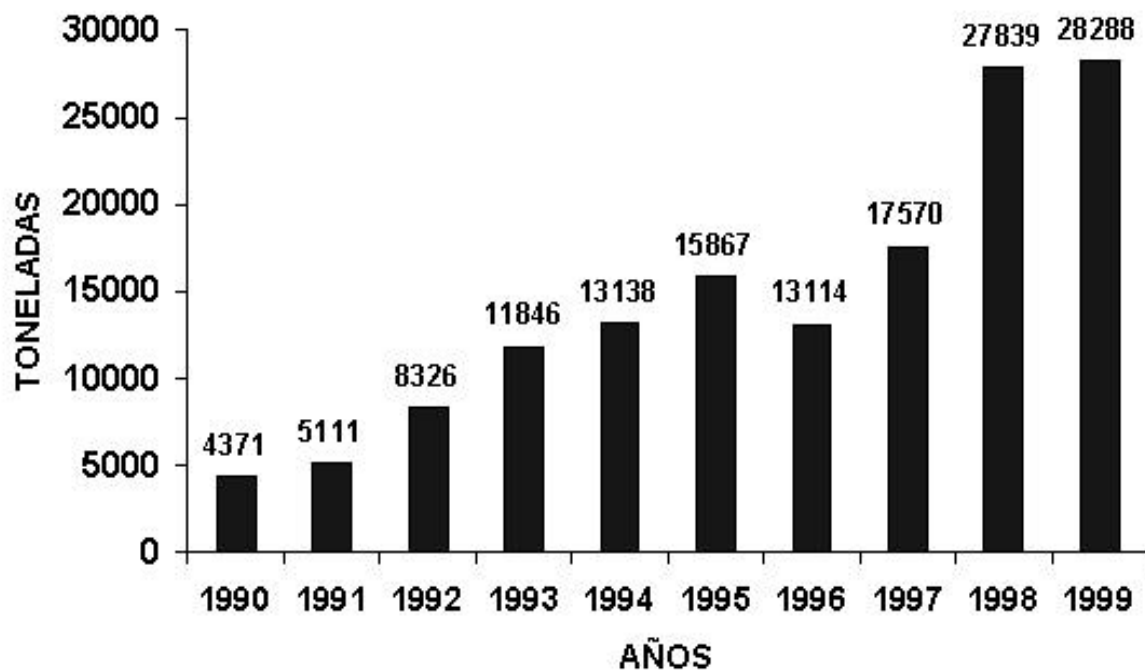


Fig. 2. Producción de camarón por acuicultura en el periodo de 1990 a 1999 (SEMARNAP, 1999).

Tabla 2. Número de granjas, superficie abierta al cultivo y producción reportadas en 1998.

Estado	Número	Superficie (Ha)	Producción (ton)
Litoral del Pacífico	239	17,334	22,827
Baja California	1	25	30
Baja California Sur	1	9	57
Colima	5	33	45
Sonora	33	4,411	66,934
Sinaloa	119	10,887	13,484
Nayarit	75	1,753	2,140
Guerrero	1	2	-
Chiapas	4	214	138
Litoral Golfo de México	14	411	922
Tamaulipas	10	354	224
Veracruz	1	2	-
Tabasco	1	6	-
Campeche	1	3	8
Yucatán	1	46	689
Total	253	17,746	23,749

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca (SEMARNAP, 1998).

Tabla 3. Indicadores de los diferentes niveles tecnológicos utilizados en México para el cultivo de camarón.

Indicador	Extensivo	Semi intensivo	Intensivo	Hiperintensivo
Densidad org./ha	1,000-2,000	20,000-50,000	50,000-250,000	2,000,000-6,000,000
Modalidad de recambio	Marea + bombeo	Marea + bombeo	Marea + bombeo + aireación	Bombeo + aireación
% de recambio al día	0.1-5	5-10	50	300
Alimento	Fertilización natural (ocasionalmente balanceado)	Fertilización (integrando alimento fresco o artificial)	Balanceado	Balanceado
Área productiva (ha)	1.5 a 300	5 a 100	0.3 a 5	0.1 a 0.3
Producción kg/ha/año	80-400	400-5,000	5,000-10,000	10,000-30,000 56,000-112,000*

Fuente: Adaptado de Lumare (1988). (*) DICTUS (Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora).

es practicado en países tales como Japón y los EUA (Hawai).

Extensivo

Entre los modelos de cultivo éste es el más sencillo. La mayoría de las granjas que lo practican adquieren las postlarvas del medio natural, ya sea por captura o compra en las épocas de reclutamiento masivo. Generalmente, se prefieren las postlarvas de camarón blanco (*L. vannamei*), las cuales son capturadas entre los meses de julio y agosto (bajo circunstancias normales)¹, cuando esta especie es predominante y las postlarvas son transportadas a las granjas, en donde sólo en casos esporádicos son aclimatadas en promedio por 15 minutos antes de ser introducidas a los estanques, a una densidad que fluctúa entre 1.7 a 16.4 organismos/m², con un promedio general de cuatro. Con esto se logra una sobrevivencia del 57% y un incremento en peso (g/semana) de 0.55. Las 24 granjas evaluadas que practicaban este modelo cubrían una superficie de 2,055 ha, por lo que sus requerimientos anuales de postlarvas eran del orden de 82 millones para obtener una cosecha anual. El peso promedio de la postlarva fue de 0.37 g, con una duración del ciclo de cultivo de 155 días, tiempo que permite obtener camarones con un peso promedio final de 13.5 g, el cual es vendido entero en el mercado nacional. Los rendimientos promedio fluctuaron entre 13 y 500 kg/ha, con una media de 157, muy por debajo del nivel requerido para obtener una buena rentabilidad económica y financiera que es de 400 kg/ha.

En este modelo no se aplican tecnologías sofisticadas durante el proceso productivo, no se requiere adicionar alimento ya que se aprovecha la productividad natural de las aguas. Se realiza en estanques o encierros con grandes extensiones de agua, oscilando en-

tre 1.5 hasta 284 hectáreas en zonas costeras, de manera que el agua pueda penetrar durante las mareas altas. Cuando esto no es posible, se emplean bombas, para asegurar el recambio de agua (Juárez y Palomo, 1985 y Rodríguez de la Cruz, 1988).

Por lo general, la infraestructura es simple y consiste en la construcción de un bordo perimetral y una estructura para colocar de 1 a 2 bombas de 24 a 30" cada una. Los costos de construcción en estos estanques se reducen al aprovechar la topografía del terreno. En algunos casos como en la Cooperativa "Laguna del Chonte", se construyeron canales interiores para favorecer el drenaje y desalojo del agua durante la cosecha. No se utilizan equipos para el registro de los parámetros fisicoquímicos u otro equipo de laboratorio (Arredondo, 1990).

Un estanque bien preparado en principio debe estar completamente seco antes de llenarse para asegurar la ausencia de organismos depredadores y vegetación excesiva que pueda ocasionar problemas en el crecimiento del camarón.

Es importante considerar un programa de fertilización para este sistema de cultivo, utilizando fertilizantes orgánicos e inorgánicos, siendo los primeros los más recomendables por ser de bajo costo y buena calidad (estiércol de gallina, cerdo y ganado vacuno). Se aconseja utilizar entre 200 y 450 kg/ha, dependiendo de la densidad de la siembra y de la productividad natural del estanque (Rodríguez de la Cruz, 1988).

En ocasiones se aplican pequeñas cantidades de alimentos balanceados, pocos días antes de la cosecha (Arredondo, 1990). La cosecha se realiza una vez que los camarones han alcanzado la talla deseada y se ha constatado la dureza de su caparazón, ya que no es recomendable cosecharlas durante la muda e inmediatamente después de ésta, porque el ca-

¹Se refiere a los cambios que se presentan bajo condiciones del fenómeno conocido como "El niño".

parazón está blando y esto reduce la calidad del producto (Rodríguez de la Cruz, 1988).

“El Patague”, con una estanquería de 184 ha y “Laguna del Chonte”, con un estanque de 70 ha, uno de pre-engorde de 1.2 ha y otro adicional de 6.5 ha en el estado de Sinaloa, son algunos ejemplos de este tipo de granjas.

Semi intensivo

Se desarrolló en México por primera vez en 1972, en Ensenada de los Carros, Municipio de Villa Unión, Sinaloa, siendo la primera construcción diseñada para el cultivo semi-intensivo en el país. Desgraciadamente, el programa fue interrumpido y la obra quedó inconclusa, terminándose y operando hasta 8 años después.

Posteriormente, se construyó el primer estanque experimental en San Blas, Nayarit, sirviendo esto como base para la construcción de las primeras granjas comerciales, obteniéndose así las primeras cosechas de este crustáceo.

Es, sin embargo, en el Estado de Sinaloa, donde verdaderamente se dio auge a esta actividad, la que se consolidó técnicamente con la construcción y operación de la granja “Las Grullas” en 1985, bajo la dirección de un técnico panameño, quien a su vez preparó a un grupo de profesionales mexicanos, y con esto se inició la construcción de nuevas granjas, teniendo como base los conceptos originales desarrollados en esta granja.

En este sistema se reconocen principalmente dos fases; la de pre-engorde o viveros y la de engorde. En la primera, la aclimatación de las postlarvas es importante y se lleva a cabo dependiendo de su origen (silvestres o de laboratorio), los tiempos de aclimatación fluctúan desde 3 minutos hasta más de dos horas, con el objeto de evitar el estrés y una elevada mortalidad antes de ser introducidas al estanque, a una densidad que varía entre 30 a 400 organismos/m², con un promedio de 145. Las 44 granjas evaluadas en 1990 que practicaban este modelo de producción disponían de una superficie de 57 hectáreas y una demanda anual de 80 millones de postlarvas. El peso promedio de la postlarva fue de 0.085 g, con una duración promedio del ciclo de pre-engorde de 45 días, lo que permite obtener camarones con un peso promedio final de 1.7 g, el cual se considera listo para ser introducido en los estanques de engorde.

La alimentación balanceada se suministra en forma diaria variando del 3 al 29% de la biomasa total y se aplica al inicio del cultivo fertilización química y después una vez cada semana, se agrega urea y superfosfato triple, en una relación 6:1.

La segunda fase se inicia con la transferencia de los juveniles de los estanques de pre-engorde, los cuales se aclimatan durante un tiempo que varía desde los 50 minutos hasta las seis horas dependiendo de las condiciones de calidad de agua de los estanques, con una densidad que varía desde 0.4 hasta 40 organismos/m², con un promedio de cuatro, una supervivencia del 58% y un incremento en peso semanal de 0.78 g.

Las 44 granjas evaluadas cubrían una superficie de 2,410 hectáreas y requerían anualmente de 96 millones de postlarvas para obtener una cosecha. El peso promedio de las postlarvas introducidas fue de 0.42 g, cuando se realiza la siembra directa y de 1.7 g cuando provienen de viveros. La duración del ciclo de cultivo era de 147 días, lo que permite obtener camarones con un peso promedio final de 16.2 g. El rendimiento promedio fue de 318 kg/ha que está muy por debajo del rendimiento obtenido en otras granjas de este tipo, que alcanzan hasta un máximo de tres toneladas por hectárea.

Esta tecnología se caracteriza por el empleo de estanques de diferentes dimensiones, generalmente entre 5 y 15 ha, considerando la utilización de fertilizantes (orgánicos e inorgánicos), alimentación suplementaria y recambio de agua. Arredondo (1990), reporta un incremento de 341 kg/ha/año registrado en 1987 a 500 kg/ha/año en 1988, siendo en 1990 de 363 a 850 kg/ha por ciclo de cultivo obteniendo hasta dos cosechas por año.

En la Unidad Experimental Peñasco, Sonora, el modelo semi intensivo ha sido utilizado y opera fusionando técnicas de producción de postlarvas en el laboratorio, la maternidad y el pre-engorde, características del sistema intensivo, junto con el engorde en estanquería utilizada en el sistema extensivo del cultivo de camarón. Esta variante de los dos cultivos ha dado buenos resultados, obteniéndose hasta un kg/m² de camarón en un período de 23 semanas de engorde (Rodríguez y Reprieto, 1984).

Intensivo

Este cultivo ha sido utilizado en México desde junio de 1978 en la Unidad Experimental de Puerto Peñasco, Sonora, con el camarón azul *Litopenaeus stylirostris*.

En el caso de Sinaloa, en 1990 operaban tan sólo dos granjas con esta tecnología, que adquirirían sus postlarvas del medio natural, ya sea por captura o compra directa. Las postlarvas se aclimatan en términos promedios de una hasta diez horas, dependiendo de las condiciones de la calidad del agua de los estanques (básicamente de la salinidad). Se introducen a una densidad que fluctúa entre 21 y 58

organismos/m², con un promedio de 39, con una supervivencia del 34%, alcanzando un crecimiento en peso de 0.7 g a la semana. El tamaño de los estanques es variable y generalmente se utilizan estanques pequeños de 1 a 2 hectáreas de superficie.

Rodríguez de la Cruz (1988), reporta dos variantes para este sistema de cultivo, la primera consiste en la obtención de hembras grávidas en alta mar, desovándolas en el barco o en el laboratorio, y la segunda contempla la maduración, reproducción y desove de camarones que han estado en cautiverio, lo que brinda, además, la posibilidad de selección genética y mejoramiento de la especie que se cultive.

La infraestructura en general, consiste en espacios reducidos, con un flujo elevado de agua y altas tasas de siembra. Este tipo de cultivo está basado principalmente en la alimentación artificial aplicada en forma frecuente. Las inversiones y los costos de operación son elevados, sin embargo se compensan con los altos ingresos que se obtienen de la producción (Arredondo, 1990).

En los países asiáticos y en algunos europeos, se utilizan estanques pequeños desde 0.3 a 5 hectáreas y se aprovecha el flujo de mareas para el recambio de agua, el alimento utilizado es un balanceado industrializado con altos contenidos proteínicos, suministrados en 6 u 8 raciones al día, las densidades de siembra varían entre 50,000 y 250,000 organismos por hectárea, y se puede obtener un rendimiento que fluctúa entre las 5 y 10 toneladas por ciclo de cultivo (Lumare, 1988).

Laboratorios

Actualmente se han reportado un total de 39 laboratorios productores de nauplios y postlarvas, que operan tanto en el Pacífico como en el Golfo de México y Caribe (Tabla 4). En 1999, reportaron una producción de más de 3,000 millones de postlarvas. La principal especie producida fue el camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*), seguido del azul (*L. stylirostris*) y una producción experimental en el Golfo de México en Campeche, del blanco (*L. setiferus*) y el rosado (*F. duorarum*).

Los laboratorios en México operan con distintas tecnologías, que generalmente han sido importadas de otros países y adaptadas a las condiciones locales, sumando las experiencias de técnicos mexicanos y extranjeros que han trabajado en diferentes partes del mundo.

Tabla 4. Número de laboratorios que producen postlarvas de camarón y su ubicación.

Estado	Número de laboratorios
Baja California Sur	4
Campeche	3*
Colima	1
Chiapas	1
Guerrero	1
Nayarit	2
Sinaloa	10
Sonora	13
Tabasco	1
Tamaulipas	1
Veracruz	1
Yucatán	1
Total	39

Fuente: Diario Oficial de la Federación, (2000). *Producción experimental.

Los primeros intentos para desovar hembras de camarones penaeidos en cautiverio fueron realizados por Fujinaga en 1934, utilizando como especie experimental a *Penaeus japonicus* (*Marsupenaeus japonicus*) (Hudinaga, 1942), y no fue sino hasta 1970, cuando se obtuvo la maduración en laboratorio de hembras ablacionadas de *L. duorarum* y noablacionadas de *P. latisulcatus* (Caillouet, 1972; Shokita, 1970).

Desde 1970 hasta la fecha cerca de 23 especies de camarones penaeidos han sido madurados y 14 desovados con éxito. Diecisiete de ellos pertenecen al grupo de especies de télico cerrado, destacando las especies del género *Farfantepenaeus* (Primavera, 1984).

Los estudios sobre reproducción se han enfocado principalmente a la maduración de las hembras, tratando de clasificar los ovarios *in vivo* y describiendo el desarrollo de los ovocitos y las células foliculares. Los trabajos se han centrado en brindar a las hembras tres requerimientos básicos: a) el sistema endocrino, b) el nutricional y c) el medio ambiente. En el primero, las investigaciones se han enfocado al estudio de las hormonas responsables de la reproducción, cortando los ojos pedunculados donde se localiza el órgano X que regula este proceso (a esta técnica se le conoce como ablación). En el segundo se procura brindar todos los requerimientos nutritivos de las especies y en el tercero se trata de incidir sobre algunos factores fisicoquímicos como el fotoperiodo, temperatura del agua, salinidad y pH (Adiyodi, 1970; Treece, 2000).

Existen diferentes técnicas para el cultivo de postlarvas en el laboratorio, que se han practicado en los últimos años y que cubren diferentes etapas del proceso, tales como: la maduración gonádica y cópula, desove, eclosión y cría larvaria. Básicamente, existen tres modelos para obtener la reproducción en condiciones controladas. El primero es el tradicional y consiste en la captura de reproductores en alta mar, seleccionándolos basándose en el estado de desarrollo de los ovarios (IV estadio) y a la presencia del espermatóforo pegado al tético; la ventaja que tiene este sistema es que durante ciertas temporadas es posible capturar un gran número de reproductores. El segundo, consiste en la captura de hembras adultas en diferentes estados de desarrollo ovogénico, que requieren un período previo de acondicionamiento antes de la maduración sexual y el tercero, es la posibilidad de utilizar reproductores en el cuarto estadio de desarrollo gonádico y fecundados, provenientes de los estanques de engorde, de las granjas (Figura 3).

En el sistema tradicional desarrollado en Japón, las hembras maduras son capturadas de abril a julio, y son transferidas a grandes estanques de concreto de 50 a 200 m² donde la temperatura alcanza valores entre 26 y 28°C, con respecto a la del medio ambiente que es de 18 a 22°C. Este estímulo térmico, es suficiente para lograr la emisión de los huevos durante la primera y segunda noche después de la captura. En términos generales un estanque de 300 m³ puede contener hasta 300 reproductores de los cuales entre el 30 al 50% se reproducen. Cada hembra produce en promedio 400,000 huevos de los que cerca del 50% eclosionan.

En el sureste asiático la reproducción de hembras *Penaeus monodon*, es estimulada con cambios térmicos y en otros casos se recurre a la ablación unilateral del pedúnculo ocular. Existen problemas con ejemplares crecidos en cautividad en cuanto a la calidad de los huevos, el número y el porcentaje de eclosión. Sin embargo, en la naturaleza las hembras maduran perfectamente y llegan a alcanzar un precio elevado en el mercado. Cuando las hembras están a punto de desovar, son transferidas individualmente a un estanque redondo de fibra de vidrio de 200 litros, donde se mantienen hasta la emisión de los huevos, con un porcentaje de eclosión del 30% de las larvas nauplios.

Los camarones blanco y azul (*L. vannamei* y *L. stylirostris*), que se cultivan en Centro y Suramérica son reproducidos en cautividad, la segunda especie, prácticamente no necesita ninguna manipulación, mientras que la primera requiere de la ablación del pedúnculo ocular, sobre todo en cierta época del año. Estas dos especies producen entre 50,000 y

250,000 huevos por emisión, de los cuales del 21 al 80% eclosionan (Chamberlain y Gervais, 1984).

En la tabla 5 se presenta un resumen de las técnicas de reproducción que se utilizan a escala mundial.

El proceso de producción de postlarvas representa una de las fases más delicadas del ciclo biológico del camarón, ya que requiere de conocimientos técnicos y biológicos y un perfecto sincronismo entre las líneas de producción de los cultivos de apoyo como son las microalgas, rotíferos y *Artemia*. Además de una buena planificación de las acciones de prevención de enfermedades, el pretratamiento del agua y la preparación de alimentos frescos y artificiales. El éxito final, depende en última instancia de una correcta coordinación de los diferentes elementos técnicos.

Existen diferentes sistemas para la producción de larvas, así por ejemplo, en el sistema Japonés se cuida con especial atención la densidad de las larvas (20 a 25 nauplios/litro), se utilizan grandes volúmenes de agua (estanques de concreto de 50 a 300 m³) y su ciclo de cosecha larvaria es hasta la postlarva PL18-30 con un tiempo de duración de 30 a 40 días. Anteriormente, se agregaban fertilizantes directamente en los estanques, como el nitrato de potasio (2 mg/l) y el fosfato de potasio (0.2 mg/l), con el objeto de favorecer el crecimiento del fitoplancton y del zooplancton. Actualmente, se prefiere realizar los cultivos en forma independiente y suministrar los fertilizantes en función de las necesidades, con el objeto de ejercer un control más efectivo de la calidad del agua.

El otro modelo es conocido como Galveston, y se basa en la utilización de pequeños volúmenes de agua (1 a 10 m³), en estanques cónicos de fibra de vidrio, con una alta densidad de nauplios de 100 a 200 por litro y con un breve ciclo de cultivo de 10 a 15 días hasta PL1-5. En este caso el fitoplancton y el zooplancton son cultivados en forma independiente y agregados de acuerdo a las necesidades.

En América central, la mayoría de las postlarvas utilizadas en los estanques de engorde son capturadas en el medio natural. Por ejemplo en Ecuador en 1983, se capturaron de 2 a 3 mil millones de postlarvas que sostuvieron una producción de 31,000 toneladas de producto comercial y actualmente, los requerimientos son de aproximadamente de 6,000 millones. En Panamá en 1981, se inició la reproducción de *L. vannamei* y *L. stylirostris*, y un laboratorio comercial logró la producción de 8 millones de postlarvas al mes, y a partir de esa fecha se construyeron otros laboratorios. En Brasil la fase larvaria hasta PL8-10 se realiza en estanques de concreto.

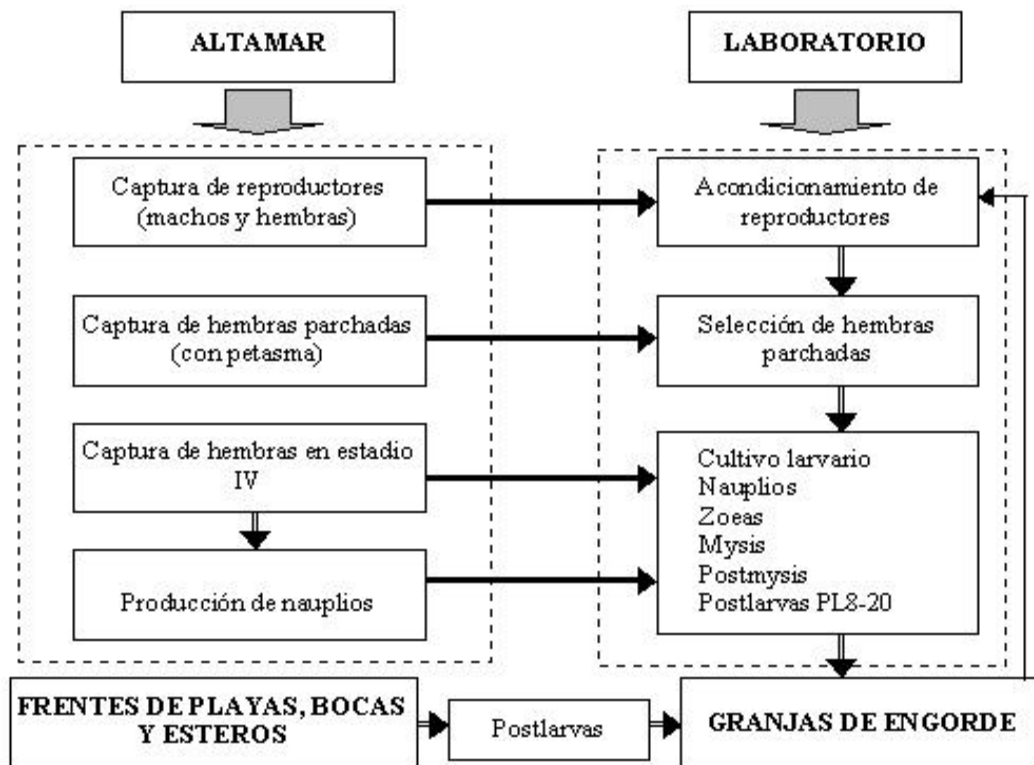


Fig. 3. Origen de las hembras y postlarvas de camarones peneidos en los diferentes sistemas de cultivo, de acuerdo con Arredondo y Lozano (en prensa).

En México se utilizan básicamente tres tecnologías, el sistema Japonés, el sistema tipo Galveston y una adaptación de técnicas francesas e innovaciones realizadas en Panamá y Ecuador. La principal especie que se cultiva es el camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*) y los laboratorios incluyen en sus instalaciones, estanques de maduración, estanques para desarrollo larvario y postlarvas, con algunas adaptaciones realizadas por técnicos mexicanos y extranjeros.

Alimentación

De las 70 granjas camaroneras que operaron en Sinaloa durante el ciclo de julio de 1989 a septiembre de 1990, 44 de ellas utilizaron alimentos balanceados. El tipo más común es el llamado "pellet" corto para engorde, aunque algunas utilizaron la migaja para la fase de pre-engorde.

El mayor proveedor de alimento balanceado para las granjas en ese periodo fue Purina del Pacífico, S.A. de C.V., quien abasteció el 70% de las granjas con camarón. El segundo más utilizado fue NUTRIPAC, fabricada por Nutrimentos Pecuarios del Pacífico, S.A. de C.V., seguido por la marca de camarón plus de Industrias Uriarte S.A. de C.V. (hoy Aquanova), y de otras compañías como Aqua-Rey de

Forrajes El Barrio, S.A. de C.V., Coralesa de Corporación de Alimentos Extraídos, S.A. de C.V., Nutrión de Alimentos Balanceados para Camarón, S.A. de C.V. y Prosel de Alimentos Tecnopecuarios Aba For, S.A. de C.V. entre los más importantes.

Actualmente, los alimentos balanceados que más se venden son Purina, Malta Clayton, Zeigler y AS, además, existen otras marcas que participan en una proporción del 3% cada una de ellas en el mercado nacional, estas son NutriNAS CAM, Rangen, Silver Cup, Aquature y Hasquer. El nivel más utilizado de proteína es del 35% y representa entre el 22 y el 40% del costo de la producción total (Anónimo, 2001).

27 granjas dieron información sobre el Factor de Conversión Alimenticio (FCA), el cual fluctuó desde 1:1 hasta 4.9:1, siendo la media de 2:1.

Rentabilidad económica y financiera

El estudio realizado por la FAO (1991), indicó que en esa fecha las granjas evaluadas en Sinaloa presentaban problemas de baja productividad. Debido a que tan sólo realizaban un ciclo de cultivo al año, presentando serios problemas en la consolidación de su nivel técnico y administrativo, principalmente por problemas internos y externos de las empresas. Los niveles de producción en el caso del sistema extensivo

Tabla 5. Técnicas de reproducción que se utilizan en el ámbito mundial.

Especie	Sitio	Tipo de tratamiento	Material de los estanques	Forma/ dimensiones de los estanques (m)	Volumen (m ³) (%)	Hembras por ciclo	Número de huevos	Sobrevivencia (%)
<i>P. japonicus</i>	Japón	Estimulación térmica	Concreto	Cuadrado-rectangular (10x10x2) (10x5x2)	50-200	30-50	400,000	50
<i>F. aztecus</i>	América	Estimulación térmica	Concreto	Circular (1.8-2)	2-15	50	71,000	72.8
<i>F. duorarum</i>	América	Ablación y no-ablación	Fibra de vidrio		20		231,000	
<i>L. setiferus</i>	América			Cuadrangular (5x2x2)			309,000	
<i>L. vannamei</i>	América	Ablación y no-ablación	Metal	Circular (0.6-3.7)	0.5-3.7	100	100,000	45-80
<i>L. stylirostris</i>	América		Plástico				200,000	
<i>P. japonicus</i>	Italia	Acondicionamiento y	Concreto control ambiental	Cuadrangular (2x2x1)	4.7-5	99	21,500	15-20

Fuente: Adaptado de Lumare, (1988).

y semi intensivo se encontraban por debajo del 50% y en el caso del intensivo alcanzaban el 80%. Como es el caso de una actividad económica que se desarrolla sin bases de planeación, los problemas emergen y estos pueden ser de distinta naturaleza ya que van desde el diseño y la construcción de las granjas, hasta la operación de las mismas. No obstante, por la bondad del cultivo se presentaron condiciones propicias en esa época para producir buenos márgenes de utilidad en los tres tipos de tecnologías de cultivo utilizadas.

Los tres tipos de modelos de inversión desarrollados por la FAO (1991), muestran que para los tres tipos de sistemas de cultivo el tamaño de equilibrio (en lo que se refiere a superficie de hectáreas para el cultivo) es el siguiente: a) para el extensivo de 75 hectáreas; b) para el semi-intensivo de 42 hectáreas y c) para el intensivo de 25 hectáreas. En las figuras 4, 5 y 6 se presentan las gráficas que comparan algunos de los indicadores financieros (tasa interna de retorno (%), periodo de recuperación de la inversión en años y el valor presente neto) en los tres sistemas evaluados.

Problemática actual

Si bien nuestro país actualmente destaca a escala mundial en la producción de camarón. Las experiencias acumuladas en estos últimos veinte años y sobre todo a partir de 1985, que es cuando se empezó formalmente el cultivo, han permitido que algunas granjas obtengan resultados alentadores y mantengan una rentabilidad aceptable. Pero se reconoce que aún es posible observar problemas de baja productividad, debido a que sólo se obtiene una cosecha al año con rendimientos bajos, continúan los pro-

blemas de diseño y construcción de las granjas, persisten los problemas de índole financiero y la operación técnica y administrativa aún es deficiente.

La situación Mundial de esta tecnología ha sufrido una marcada evolución, debido principalmente a la presencia y diseminación incontrolada de enfermedades virales tal como las llamadas en inglés WSSV (enfermedad de la mancha blanca) y YHV (enfermedad de la cabeza amarilla), que han afectado los modos de producción y el manejo de los cultivos (Jory, 1999). De esta manera, se está teniendo más cuidado en aspectos tales como la adquisición de postlarvas libres de enfermedades y de buena calidad genética producidas en laboratorios especializados; el manejo de menores densidades de cultivo; el menor recambio de agua incluyendo el tratamiento de la misma antes de ser liberada a la zona costera; las medidas profilácticas pertinentes como el encañado, el uso de filtros y de sustancias químicas que eliminen la fauna indeseable (peces, crustáceos y otros organismos); alimentos en los que se incluyan aditivos como aquéllos que mejoran el crecimiento y que actúan directamente sobre los mecanismos fisiológicos tales como las hormonas, aminoácidos, péptidos y compuestos nitrogenados de bajo peso molecular o bien aquéllos que estimulan el crecimiento en forma indirecta como los antibióticos, inmunomoduladores, probióticos, antioxidantes, enzimas digestivas, atrayentes y estimuladores de apetito entre otros y el uso de sistemas cerrados de recirculación y reacondicionamiento de agua, para el mantenimiento de reproductores y la producción intensiva de postlarvas (Carrillo *et al.*, 2000).

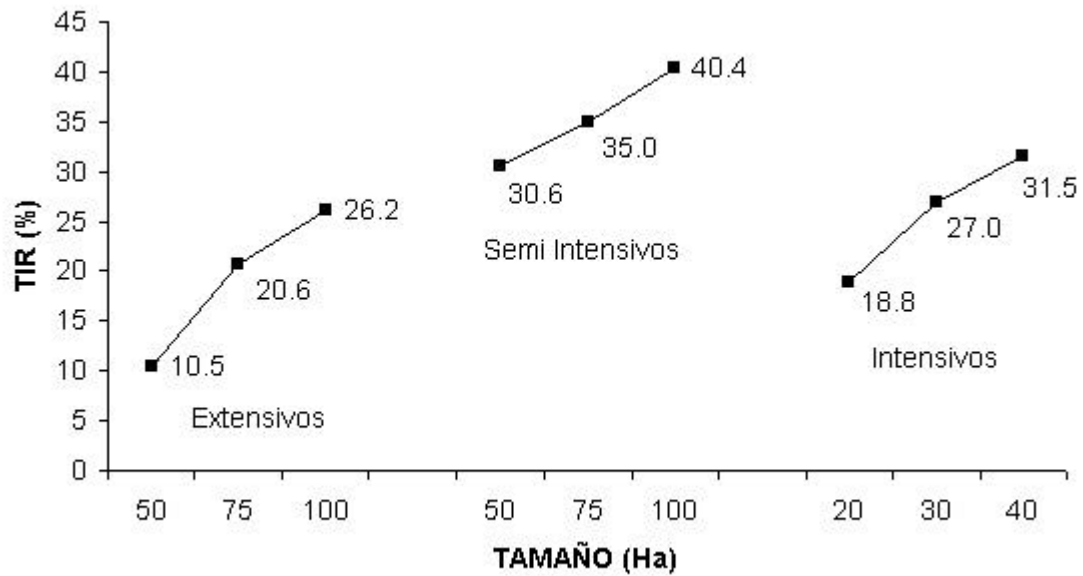


Fig. 4. Tasa interna de retorno (%) de los tres sistemas de cultivo de camarón utilizados en México, comparando tres dimensiones para cada caso (FAO, 1991).

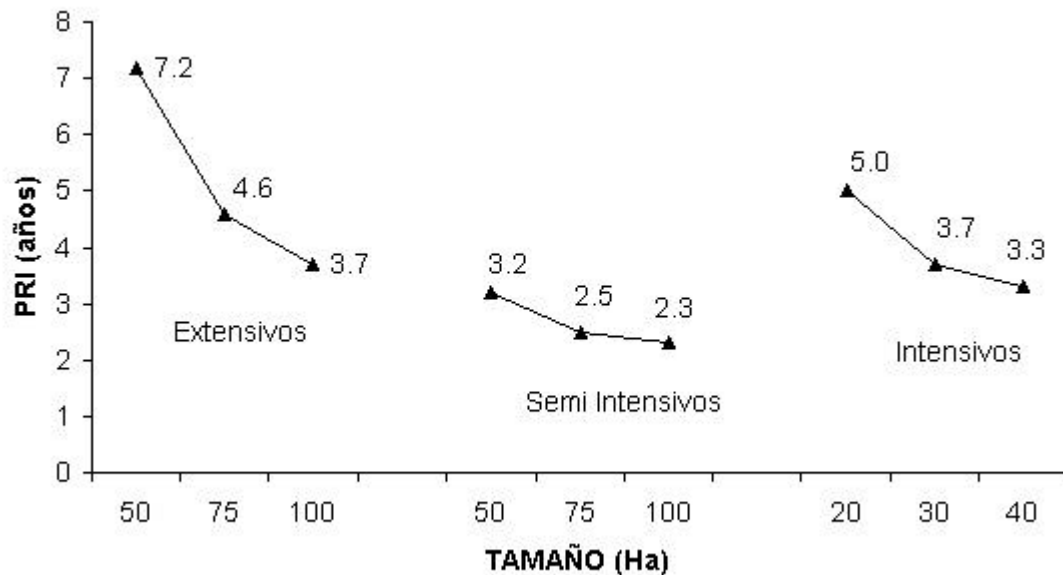


Fig. 5. Periodo de recuperación de la inversión (años), de los tres sistemas de cultivo de camarón utilizados en México, comparando tres dimensiones para cada caso (FAO, 1991).

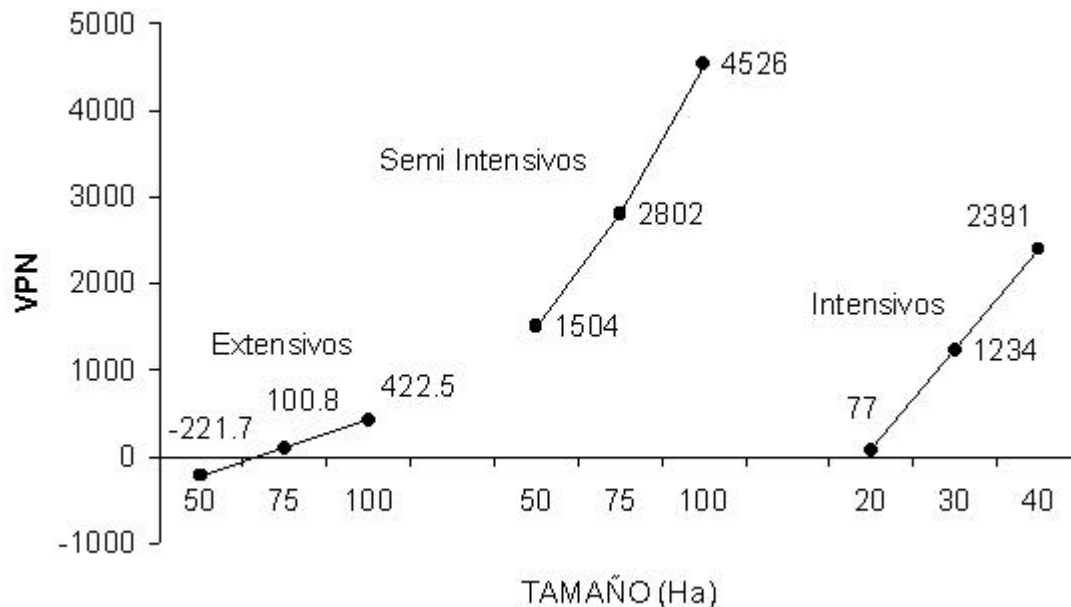


Fig. 6. Valor presente neto de los tres sistemas de cultivo de camarón, utilizados en México, comparando tres áreas dimensiones para cada caso (1991).

La aplicación de estas nuevas tecnologías, hace que la rentabilidad económica de las granjas disminuya, por los costos que representa su aplicación y que se requiera de mecanismos innovativos y sustentables para mantener la actividad. Sin duda, los tiempos han cambiado y las políticas también. Los nuevos productores deberán estar atentos a las experiencias novedosas desarrolladas en otros países y establecer nexos con las instituciones de investigación y desarrollo tecnológico, a efecto de estar al día en las novedades y en las formas nuevas de producción que vayan emergiendo. Hoy más que nunca, el futuro de la camaronicultura está en la capacidad de asimilar el nuevo conocimiento y las nuevas tecnologías y en mantener una actitud abierta al cambio.

Propuestas y alternativas

Se reconoce que nuestro país tiene un enorme potencial para la acuicultura y que deben buscarse los mecanismos más eficientes para impulsar y promover esta actividad. De lleno en el siglo XXI, se plantean fuertes interrogantes para continuar nuestro desarrollo nacional, beneficiando al mayor número de personas y distribuyendo la riqueza generada entre los más pobres. Ante esta perspectiva, la camaronicultura debe seguir impulsándose debido a que el camarón tiene una fuerte demanda tanto interna como externa, sin embargo, el desarrollo de esta actividad deberá contemplar las siguientes pautas:

- Desarrollar la camaronicultura en equilibrio con la naturaleza, evitando la contaminación y degradación de los ecosistemas costeros y haciendo un uso eficiente de los recursos naturales. Una inquietud que surge en este momento, es si debemos desarrollar la camaronicultura al margen de las lagunas costeras o bien utilizar en forma integral y organizada los recursos naturales, haciendo una camaronicultura sustentable y más participativa.
- Buscar los modelos regionales que más se ajusten a la realidad socioeconómica de los productores, permitiendo contar con una gama amplia de opciones tecnológicas que sean rentables, sin excluir las tecnologías actuales y las que se desarrollen en el futuro.
- Impulsar un Plan Nacional salido de la discusión y la crítica profunda, que promueva una política de desarrollo sustentable con los apoyos necesarios y la participación de todos los sectores involucrados en la actividad. El Plan deberá contener los mecanismos de planificación proactiva y los recursos pertinentes para que el plan se desarrolle y no quede en simple acto de buena voluntad.
- Los mecanismos de cooperación nacional e internacional deberán operar bajo un eje dinámico

- de industria-academia-productores, de tal manera que los resultados de la cooperación se plasmen en actividades concretas en el sistema de producción. Los productores podrían cooperar con una parte económica derivada de su producción y el recurso deberá ser aplicado en la solución concreta de problemas particulares y urgentes.
- e) Los productores deberán buscar los mecanismos de asociación eficientes que promuevan la actividad y disminuyan sus costos de producción. La asociación de productores podría tener ventajas no sólo en bajar los costos de los insumos, sino en participar activamente en la vida política y económica del país, organizar conferencias y congresos, cursos de capacitación, entrenamiento, contratación de expertos e intercambio de experiencias entre los productores.
- f) Las Universidades e Institutos de Investigación, podrían proporcionar al personal capacitado para las empresas, a todos los niveles desde la administración hasta los técnicos y encargados de las granjas. Así como transferir conocimientos generados en estas instituciones, que tengan una aplicabilidad inmediata, tal como se hace en otros países del Sudeste Asiático.
- g) Deberán existir mecanismos que regulen y normen la actividad camaronícola para evitar impactos y riesgos que pongan en peligro la actividad. Una normativa simple y eficiente sin complicaciones y que vea por el beneficio de la industria.
5. Caillouet, C.W. 1972. Ovarian maturation induced by eyestalk ablation in pink shrimp *Penaeus duorarum* (Burkenroad). *Proc. World Mariculture Society*, 3: 205-225.
6. Carrillo, O., Vega-Villasante, F. Nolasco, H. Y N. Gallaedo. 2000. Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón. p. 90-101. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., M. Olvera-Novoa y Civera-Cerecedo, R. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 19-22 de noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México.
7. Chamberlain, G.W. and N.F. Gervais. 1984. Comparison of unilateral eyestalk ablation with environmental control for ovarian maturation of *P. stylirostris*. *Proc. World Mariculture Society*, 15: 29-30.
8. Diario Oficial de la Federación. 2000. Carta Nacional Pesquera. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP. México, D.F. Lunes 28 de agosto (segunda, tercera y cuarta sección).
9. FAO. 1991. Diagnóstico integral de las granjas camaroneras en el estado de Sinaloa. Secretaría de Pesca, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. FI:MEX/87/018. Documento de Campo. Mazatlán, Sinaloa, 240 p.
10. Gámez, E. P. y De la Lanza, E. G. 1992. Análisis del estado de la camaronicultura en México, hasta el año de 1991. 1era. Edición. México, D.F. 48 p.
11. Hudinaga, M. 1942. Reproduction, Development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate. *Jap. J. Zool.*, 10: 305-393.
12. Jory, D. E. 1999. Shrimp Whitespot Virus in the Western Hemisphere. *Aquaculture Magazine*. May/June, 25(3): 79-83.
13. Juárez, P. J. R. y M. G. Palomo. 1985. Acuicultura. Bases biológicas del cultivo de organismos acuáticos. C.N.E.B. Ed. Continental, S.A. de C.V., México, D.F. 95 p.
14. Lawrence, A. L., Y. Akamine, B. S. Middle-ditch, G. Chamberlain and D. Hutchins. 1980. Maturation and reproduction of *P. setiferus* in captivity. *Proc. World Mariculture Society*, 11: 481-487.

Literatura citada

1. Adiyodi, K. G. y R. G. Adiyodi. 1970. Endocrine control of reproduction in decapod crustacea. *Biol. Rev.*, 45: 121-165.
2. Anónimo. 2001. Mercado del alimento balanceado para la industria camaronícola en México. *Panorama Acuicola*. Jul/Agost. 6(5): 56-57.
3. Arredondo, F. J. L. 1990. Análisis del cultivo de camarón en México, al término de 1989. p. 77-104. In: De la Lanza, E.G. y Arredondo F.J.L. (Comps.). *La acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.
4. Arredondo, F.J.L. y Lozano G. S.D. (en prensa). *La acuicultura en México*. Editorial AGT, México, D.F.

15. Lumare, F. 1988. *Penaeus japonicus*: Biología e allevamento. In: *Penaeus japonicus*: Biología e Spermentazione (Alexandra G. Coordinadora). E.S.A.V. entre Sullupo Agricolo Veneto, Italy. 267 p.
16. Linder, M. J. and S. Cook. 1970. Synopsis of Biological Data on White Shrimp *Penaeus setiferus* (Linnaeus) 1767. FAO Fish. Rep. 57(4): 1439-1469.
17. Pérez-Farfante, I. y B. Kensley. 1997. Penaeoid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World. Keys and Diagnoses for the families and genera. Memories du Museum National D'Historie Naturelle, Paris, France. 233 p.
18. Primavera, J. H. 1984. Seed production and the prawn industry in Philippines. P. 33-35. In: Prawn industry development in the Philippines. SEAFDEC Aquaculture Department, Philippines.
19. Rodríguez de la Cruz, M. C. 1988. *Manual de técnicas para la operación de granjas camarone-ras*. Secretaría de Pesca, México, D.F. 85 p.
20. Rodríguez, M.F. y Reprieto, G.F. 1984. El cultivo del camarón azul *Penaeus stylirostris*. CICTUS, Sonora, México. 126 p.
21. SEMARNAP. Anuario Estadístico de Pesca 1998. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México, D.F.
22. SEMARNAP. Anuario Estadístico de Pesca 1999. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México, D.F.
23. Shokita, S. 1970. A note on the Development of eggs and larvae of *P. latisulcatus* Kishinouye reared in aquarium. Biol. Mag. Okinawa, 6: 34-36.
24. Treece, D. G. 2000. Shrimp maturation and spawning. UJNR Technical Report No. 28: 121-133.