

AMBIENTICO

ACUICULTURA

por la seguridad alimentaria
y el desarrollo sostenible



SUMARIO

- 3 Álvaro Otárola
[PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
CONTINENTAL EN COSTA RICA](#)
- 7 Ricardo Radulovich
[MARICULTURA A MAR ABIERTO EN
COSTA RICA](#)
- 15 Jorge Boza y Marvin
Ramírez
[POTENCIAL DE CULTIVO DEL
PARGO MANCHADO EN COSTA RICA](#)
- 18 Sidey Arias
[POBREZA EN LAS COSTAS TICAS Y
POTENCIAL DE LA ACUICULTURA](#)

AMBIENTICO

Revista mensual sobre la actualidad ambiental

Director y editor Eduardo Mora

Consejo editor Manuel Argüello, Gustavo Induni,
Wilberth Jiménez, Luis Poveda

Fotografía www.galeriaambientalista.una.ac.cr

Asistencia, administración y diagramación Rebeca
Bolaños

Teléfono: 2277-3688. Fax: 2277-3289

Apartado postal: 86-3000, Costa Rica.

ambientico@una.ac.cr

www.ambientico.org

Foto de porta da: Luis Velázquez.

**LOS MIÉRCOLES,
DE 8 A 9 DE LA NOCHE,
POR CANAL 13**

UNA
mirada

**EL PROGRAMA DE
OPINIÓN
DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL**

**ABORDAJE ÁGIL DE LOS
PRINCIPALES Y MÁS
INTERESANTES TEMAS DE LA
VIDA NACIONAL**

Acuicultura: por la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible

El cultivo de peces y otros animales acuáticos va en aumento en todo el mundo, por la razón de que, conforme pasa el tiempo, se hace más difícil pescar peces silvestres, dado que las poblaciones de éstos disminuyen galopantemente en mares y océanos por la presión de las pesquerías. En Costa Rica, también, a los pescadores cada día se les dificulta más su labor. Cada día tienen que adentrarse más en el mar, e invertir más tiempo y esfuerzo en la captura de cada animal. Para enfrentar esa problemática hay que hacer por lo menos dos cosas: controlar a las empresas pesqueras y a los pescadores para que hagan su labor sin destruir los ecosistemas marinos, abriendo así la posibilidad de una pesca sostenible en el largo plazo; y, en segundo lugar, fomentar la acuicultura, o sea, el cultivo de peces y otros animales acuáticos, a fin de presionar menos a la fauna silvestre marina.

En Costa Rica, el cultivo de peces está escasamente desarrollado, pero ha adquirido mucho vigor en los últimos quince años. Principalmente, cultivamos y comercializamos la tilapia y la trucha, que son peces de agua dulce traídos de otros países, y también cultivamos el camarón, en estanques con agua salada emplazados en tierra.

La pesquería costarricense se ha dado, siempre, principalmente en el Pacífico, especialmente en el golfo de Nicoya, cuyos ecosistemas están ya exhaustos por la larga sobreexplotación. Esta misma área, y otra de la costa pacífica, parecen ser propicias para desarrollar el cultivo comercial de peces, sea en las aguas costeras o a mar abierto. Los pescadores artesanales de allí, hoy afectados por la escasez de peces y por las continuas vedas, con su experiencia y cultura marina podrían integrarse a proyectos de acuicultura en beneficio de ellos mismos, en beneficio del equilibrio ecosistémico, de la seguridad alimentaria del país y de la economía nacional.



Carpa

Jorge Bogantes



Producción acuícola continental en Costa Rica

ÁLVARO OTÁROLA

El organismo estatal responsable de la acuicultura en Costa Rica es el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (Incopesca), creado por la ley N° 7.384 en 1994. En el artículo 2 de ésta se establece como actividades ordinarias del Incopesca las siguientes: (1) Coordinar el sector pesquero y el de acuicultura, promover y ordenar el desarrollo de la pesca, la caza marítima, la acuicultura y la investigación; asimismo, fomentar, sobre la base de criterios técnicos y científicos, la conservación, el aprovechamiento y el uso sostenible de los recursos biológicos del mar y de la acuicultura. (2) Normar el aprovechamiento regional de los recursos pesqueros para lograr mayores rendimientos económicos y la protección de las especies marinas y de la acuicultura. (3) Elaborar, vigilar y dar seguimiento a la aplicación de la legislación, para regular y evitar la contaminación de los recursos marítimos y de acuicultura, como resultado del ejercicio de la pesca, de la acuicultura y de las actividades que generen una contaminación que amenace dichos recursos.

El Departamento de Acuicultura de Incopesca tiene entre sus principales objetivos los siguientes: (1) Promover las acciones pertinentes para que haya un adecuado suministro de semilla de las diferentes especies de cultivo para los productores nacionales. (2) Brindar asistencia técnica en el área de la acuicultura a nivel nacional. (3) Planificar la investigación en la actividad por medio de las estaciones acuícolas, para optimizar tanto los sistemas de producción de semilla como los de engorde. (4) Coordinar institucional e interinstitucionalmente para un desarrollo óptimo de la actividad acuícola. (5) Proponer a los niveles superiores, las políticas, planes y programas de trabajo a ejecutar para un desarrollo óptimo de la actividad acuícola. Para la realización de estos objetivos se cuenta, a nivel nacional, con tres estaciones acuícolas y una oficina regional: Estación Acuícola Enrique Jiménez Núñez, en Cañas, Guanacaste; Oficina Regional, en San Carlos, Alajuela; Estación Acuícola Los Diamantes, en Guápiles, Limón, y Estación Acuícola Truchas, en Ojo de Agua de Dota. Tales estaciones sirven de apoyo al Departamento de Acuicultura en sus zonas de influencia realizando las siguientes funciones: producción de semilla de calidad para acuicultores nacionales, servir como unidades demostrativas, realizar transferencia de tecnología a los productores (charlas, cursos, pasantías, días demostrativos y visitas de asistencia técnica) y realizar investigación básica en aspectos relevantes de la actividad. (La Oficina Regional se limita a realizar transferencia de tecnología a los productores.)

En Costa Rica, en los 15 últimos años la acuicultura ha ido adquiriendo una importancia cada vez mayor, no solo como una alternativa de producción de proteína, sino también desde el punto de vista empresarial. Esta mayor relevancia se relaciona, por un lado, con la estabilidad en la producción a que han llegado muchas de las pesquerías importantes, o con su decrecimiento, y, por otro lado, con los costos mayores que implica la extracción comercial de las especies involucradas.

Nuestra acuicultura es predominantemente continental de agua dulce, con énfasis en el cultivo de peces, específicamente trucha y tilapia. En 2007, de esta última especie se produjo más de 19.489 toneladas métricas, destinadas al mercado interno y al internacional. Ese mismo año la producción de trucha fue de más de 500 toneladas, destinadas al mercado interno. En lo referente a cultivos en aguas salobres es importante el cultivo del camarón del género *Litopenaeus*, alcanzándose una producción de más de 5.000 toneladas ese mismo año. Tenemos también cultivo de langostino -o gigante de Malasia- pero a escala muy pequeña, con producciones de alrededor de cuatro toneladas por año.

El número de productores ha venido incrementándose de manera significativa, habiendo en 2007 ya 1.775, de los cuales un 77 por ciento son productores de tilapia, un 20 por ciento de trucha, un 6,5 por ciento de camarón y un 0,4 por ciento de otras especies, como langostino de agua dulce y bagre de canal.

Debido a la gran cantidad de microclimas y a las excelentes condiciones hidrográficas de Costa Rica, la acuicultura se da en todas las provincias. Las principales especies, según volumen de producción, son la tilapia (*Oreochromis niloticus*), el camarón de aguas salobres (*Litopenaeus vannamei*) y la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (tabla 1). Y el valor de la producción de cada una de ellas es consonante con el volumen producido (tabla 2). Que en nuestra acuicultura continental el cultivo de tilapia sea la actividad más importante, se relaciona con nuestro clima tropical y la rica red hidrográfica, que facilitan el trabajo con esa especie (tabla 3).

Tabla 1. Producción acuícola según especies en Costa Rica. 2002-2007.

Especie	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Tilapia	13.190	14.679	18.987	17.328	13.000	19.489
Trucha	500	513	515	522	524	532
Camarón	4.097	5.051	5.076	5.714	5.726	5.274
Langostino	5	5	5	5	4	4
Total	17.792	20.248	24.583	23.569	19.254	25.299

Fuente: Departamento de Acuicultura, Incopesca. Unidad de medida: Toneladas métricas.

Tabla 2. Valor estimado de la producción acuícola en Costa Rica. 2007.

Especie	Producción (en tm)	Valor en US\$
Tilapia	19.489	38.087.340
Trucha	532	2.096.080
Camarón	5.274	27.952.200
Langostino	4	24.000
Total	25.299	68.159.620

Fuente: Departamento de Mercadeo, Incopesca. Base de Datos. 2008.

La tilapicultura en Costa Rica se desarrolla bajo dos sistemas: el practicado por medianos y pequeños productores, que es semintensivo y en tres fases: pre-cría, engorde I y engorde II; y el industrial, con empresas de capital extranjero y nacional, cuyo mercado meta principal es el de EU y una porción pequeña del mercado nacional. La mayoría de estas grandes empresas están ubicadas en Cañas, Bagaces y Liberia -en Guanacaste-, aprovechando la infraestructura del sistema de riego Arenal-Tempisque y el agua del lago Arenal. Trabaja con sistemas de cultivo intensivo y semintensivo. En el caso del sistema intensivo en estanques, se trabaja con recambios de 24 a 48 por día, estanques de 500 a 1.000 metros y alimento extrusado producido en el país y densidades de cosecha de 100 peces por metro cúbico. Hay cultivo intensivo en el lago de Arenal, en jaulas de 4 x 4 x 3 metros, con densidades de siembra de entre 100 y 150 peces por metro cúbico, y con alimento extrusado producido en el país.

Tabla 3. Producción de tilapia en Costa Rica. 2007.

Provincia	Nº de productores	Espejo de agua (m ²)	Producción (tm)
San José	81	23.000	52
Alajuela	738	450.000	1.103
Cartago	34	10.000	40
Heredia	58	150.000	444
Guanacaste	65	6.275.000	17.277
Puntarenas	31	34.000	64
Limón	290	165.000	508
Total	1.297	7.107.000	19.489

Fuente: Departamento de Acuicultura, Incopesca.

El cultivo de trucha se da en las zonas altas del país, a altitudes mayores a 1.500 metros sobre el nivel del mar. Las provincias con mayor producción son San José (zona de Los Santos, faldas del Chirripó), Cartago (faldas del Irazú) y Alajuela (Bajos del Toro Amarillo y faldas del Poás) (ver tabla 4). El crecimiento de esta actividad ha sido lento, relacionado esto con que en la parte central del país las áreas con buenas condiciones para tal cultivo son pequeñas.

La producción de esta especie está basada en un sistema intensivo que usa pilas de concreto rectangulares o circulares, y estanques de tierra, con altos recambios (12 a 24 por día) en las unidades de producción.

La trucha se vende a nivel de finca, como pesca recreativa, y parte de la producción es comercializada en el Gran Área Metropolitana y en hoteles de playa en Guanacaste, sea entera fresca o en filete. Aunque el crecimiento de la actividad ha sido lento, en la actualidad hay una producción anual de 532 toneladas y un nicho de mercado bien definido pero limitado a la Gran Área Metropolitana.

Tabla 4. Producción de trucha en Costa Rica. 2007.

Provincia	Nº de productores	Espejo de agua (m ²)	Producción (tm)
San José	154	33.000	261
Alajuela	58	17.000	56
Cartago	107	39.000	164
Heredia	13	2.000	18
Guanacaste	0	0	0
Puntarenas	21	5.000	28
Limón	2	2.000	5
Total	355	98.000	532

Fuente: Departamento de Acuicultura, Incopesca.

El cultivo de camarón en Costa Rica está localizado en Puntarenas y Guanacaste, y específicamente en áreas aledañas al golfo de Nicoya, en el Pacífico Central y en el Pacífico Sur. Coonaprosal (Cooperativa Nacional de Productores de Sal) y Ascopen (Asociación de Camaroneros Peninsulares) incorporan a una gran cantidad de pequeños y medianos productores de camarón.

Durante 2007, la producción anual fue de 5.274 toneladas, para un espejo de agua de producción de 1.698 hectáreas. El mercado meta es EU y la Unión Europea, destinándose un porcentaje pequeño al mercado nacional.

El lento desarrollo de esta actividad se debe a enfermedades virales y bacteriales ocurridas en los años noventa. Las enfermedades llamadas taura y mancha blanca frenaron completamente el desarrollo de la actividad. Otro limitante es que, para proteger manglares, el Ministerio de Ambiente no está otorgando permisos para la construcción de nuevas camaroneras, sino solamente renovando permisos a viejas concesiones.

Tabla 5. Producción de camarón en Costa Rica. 2007.

Provincia	Nº de productores	Espejo de agua (m ²)	Producción (tm)
San José	0	0	0
Alajuela	0	0	0
Cartago	0	0	0
Heredia	0	0	0
Guanacaste	65	12.230.000	3.649
Puntarenas	51	4.750.000	1.625
Limón	0	0	0
Total	116	16.980.000	5.274

En la actualidad, se utiliza dos sistemas de cultivo de camarón: el semintensivo de una sola cosecha, y el semintensivo de cosechas parciales. Bajo el primero, con el que se ha cultivado solo *Litopenaeus vannamei*, se siembra entre 11 y 14 camarones por m³, con un ciclo de producción de entre 3,5 y 4 meses, dos y media cosechas al año con un volumen de producción por ciclo que oscila entre 1.200 y 1.300 kilogramos por hectárea, para un total de entre 2.400 y 2.600 kg/ha/año. La supervivencia oscila entre 50 y 80 por ciento. Bajo el sistema de cultivo semintensivo con cosechas parciales, en algunas fincas camaroneras la estrategia de producción se redujo a un ciclo de cultivo por año, abarcando solamente los meses de invierno, ciclo en el que se realiza una serie de cosechas parciales. En este caso, la supervivencia promedio es de 60 por ciento y la producción por hectárea es de aproximadamente 2.000 kilos.

En los últimos 15 años, la acuicultura ha tenido un crecimiento vertiginoso, principalmente en lo referente al cultivo de tilapia en aguas continentales, lo cual está relacionado con el establecimiento de grandes compañías de capital extranjero y nacional en Guanacaste, específicamente en los cantones de Cañas, Bagaces y Liberia. Esta región cuenta con una millonaria infraestructura pública de riego que aprovecha las aguas que bajan del embalse Arenal, utilizadas en la generación de energía eléctrica, y son usadas en el cultivo de tilapia.

La unión de esfuerzos de varias de esas compañías, mediante alianzas estratégicas para actividades como procesamiento del producto, producción de semilla de calidad, capacitación, compra de insumos, etcétera, ha permitido que ellas eleven mucho su competitividad, que amplíen sus áreas de producción y que aumenten el volumen de ésta. Paralelamente a esas grandes empresas de producción de tilapia, varias empresas productoras

de alimentos han venido ganando mercado para sus concentrados con base en calidad y menor precio, lo que ha beneficiado a los pequeños y medianos productores acuícolas.

La comercialización de productos acuícolas ha dado un giro impresionante, quizás relacionado con la evolución de los sistemas de producción y la modernización de la fabricación de los alimentos utilizados para cada especie cultivada. Así, la tilapia ha pasado de ser un cultivo de subsistencia a ser una actividad generadora de ingresos, gracias al mejoramiento de su sabor y su apariencia a partir de un cambio radical en la tecnología de cultivo. En los inicios de la tilapicultura, la alimentación de los animales se basaba en productos no convenientes, y la tilapia resultaba con un ligero sabor a fango y apariencia no muy agradable.

El consumo y demanda de trucha, aunque aún inferiores a los de la tilapia, están creciendo. Algunos productores ya no practican el cultivo de esa especie como una actividad económica complementaria, sino que han pasado a tenerla como principal en cuanto a generación de ingresos. En los últimos cinco años también ha tomado fuerza el cultivo de catfish, que ya se encuentra en algunos supermercados del Gran Área Metropolitana.



Truchas

Luis Velázquez





Maricultura a mar abierto en Costa Rica

RICARDO RADULOVICH

La existencia humana se fundamenta en una bioeconomía que nace de la fotosíntesis, incluso de la fotosíntesis de antaño que produjo el combustible fósil. La sistematización en la captura de energía solar y carbono del aire por medio de esa fotosíntesis y las subsecuentes cadenas tróficas, o sea la agricultura, se ha limitado históricamente a la tierra. Incluso la mayor parte de la acuicultura, que no es otra cosa que agricultura en agua, sea dulce o de mar, ocurre abundantemente en estanques y lagunas o en canales y esteros en tierra, en todo el mundo y, particularmente, en Costa Rica. Comparativamente es limitado, aunque significativo, el desarrollo mundial de la maricultura a mar abierto (mar costero o mar adentro) y, hasta hace poco, prácticamente nulo en el país, aunque la experiencia en curso, que se describirá aquí, se considera suficiente para el siguiente paso propuesto, que sería la implementación de operaciones a nivel comercial, aunque a pequeña escala, en manos de pobladores costeros de bajos recursos, hombres y mujeres.

La crisis energética-ambiental ha incrementado la demanda de productos de la fotosíntesis para biocombustibles, alterando una muy insuficiente estructura agrícola que no alcanzaba para proveer al mundo de alimentos y que, muy probablemente, tampoco alcanzará para, además de alimentos, proveer bioenergía, porque será la falta de agua, y no tanto la carencia de nueva tierra para agricultura, lo que limitará una sustancial expansión de la producción y productividad agrícola, la cual tendrá que basarse en “grandes cambios en la agenda política de la gestión del agua” para lograr verdaderos avances (IWMI-Fao 2008). Como ilustración, solamente alrededor del 0,007 por ciento de toda el agua del planeta es utilizable en un momento dado, mientras que la cantidad de agua necesaria para producir alimento es, por lo menos, de mil litros de agua por cada kg de grano, y mucho mayor en el caso de productos de origen animal (hasta 15.000 litros de agua por kg de carne, o más).

Por otro lado, la pesca en el mar, que provee al mundo de aproximadamente 100 millones de toneladas de pescado al año, ha topado techo si no es que ha venido mermando por sobre-extracción y otros aspectos menos entendidos, como la contaminación y las pérdidas en biodiversidad. Tres cuartos de las principales especies de pesca están en categoría de máxima explotación (50 por ciento) o sobre-explotación (25 por ciento), y Fao ha declarado que “probablemente ya se ha alcanzado el máximo potencial de la pesca de los océanos del mundo” (Fao 2007). También, cualquier intento de incrementar la extracción de macro-algas, que, según datos disponibles, alcanza unos 10 millones de toneladas en base húmeda por año, sin reponerlas por cultivo o resiembra, sería equivalente a deforestación masiva por la adición de gases invernadero y pérdidas en biodiversidad (reduciendo en disminución de la pesca, ya que los bancos de algas juegan un papel clave en la reproducción de muchas especies). Estas limitaciones privan al mundo de la oportunidad de incrementar la extracción de los recursos marinos derivados de la fotosíntesis, vegetales y animales.

En el contexto de la llamada revolución azul (Costa-Pierce 2002, Lubchenko 2003), que principalmente ha consistido en un acelerado crecimiento de la acuicultura en tierra con agua dulce o de mar, sí se ha logrado notables avances, con un crecimiento del 8,8 por ciento anual desde 1970, proveyendo actualmente más de 40 millones de toneladas de pescado (el 64 por ciento en China), lo que, sumado a la pesca, viene a aportar a nivel mundial 16,6 kg per cápita de pescado como alimento (bastante más del doble del consumo reportado en Costa Rica). La producción mundial acuícola total (plantas y animales) fue, en 2004, de 59,4 millones de toneladas, con un valor de \$70,3 mil millones, de la cual el 91,5 por ciento correspondió a China y al resto de Asia, y solamente el 2,26 por ciento a Latinoamérica y el Caribe (Fao 2007).

Sin embargo, la acuicultura de agua dulce, al igual que otras actividades agrícolas, requiere de masivas cantidades de agua (por ejemplo, se estima necesarios más de 3.000 litros de agua dulce por kg de pescado producido en estanques, contando pérdidas por evaporación y percolación [Pillay y Kutty 2005]), lo cual limita su aplicación en una escala generalizada, aunque en Costa Rica puede haber aún muchas oportunidades de expansión sin dejar de notar los efectos que podrá tener el desvío de aguas para ello. También, la acuicultura en estanques utilizando agua de mar, particularmente para la producción de camarones en nuestra región, está igualmente limitada en su expansión por consideraciones ambientales y, muy probablemente, por aumentos en los costos energéticos del bombeo de agua.

Afortunadamente, el uso directo del mar, en un contexto sostenible y ojalá equitativo (sobre todo por ser el mar un bien público), puede -y tal vez debe- ser ampliado de simple extracción a cultivo. De forma análoga a cuando hace milenios los seres humanos pasaron de ser cazadores y recolectores a ser agricultores, ahora se debe ampliar el concepto de pescadores-extractores a maricultores, sin pretender dejar por fuera la pesca, como sí se abandonó la cacería como fuente principal de alimentos.

Esto, por supuesto, requiere de un profundo cambio paradigmático que tarda en darse, sobre todo cuando los encargados de buscar soluciones al problema energético-alimentario no permiten que su vista pase más allá de la costa o del futuro inmediato. Es vital, entonces, entender lo que es la maricultura a mar abierto, analizar lo que se ha hecho y, sobre todo, tener claro cuál es el potencial de esta nueva forma de agricultura que, para todo efecto práctico, podría venir a multiplicar la capacidad planetaria en producción de alimentos y bioenergía, y sobre todo la de un país como Costa Rica que disfruta de dos mares.

Por ello, el mar debe comenzar a ser visto como vastos campos para cultivar que ocupan más de dos tercios del planeta y tienen similar capacidad productiva que la tierra en cuanto a energía solar, nutrientes y biodiversidad cultivable, con la gran diferencia de que están dotados de toda el agua que se necesita. Por otro lado, considerando el incremento en los niveles del mar que se espera con el calentamiento global, fomentar desde ahora la maricultura a mar abierto representa una estrategia de adaptación -tal vez nada temprana-.

Se puede diferenciar tres tipos de acuicultura o cultivo en el agua: la de agua dulce, la de en estanques en tierra y la de a mar abierto:

La acuicultura de agua dulce es la que más desarrollo ha tenido mundialmente, en parte porque mantener y engordar peces y otros animales en estanques de agua dulce en tierra, naturales o artificiales, data de la antigüedad. Esta actividad tiene un grado considerable y creciente de desarrollo en el país, sobre todo en el cultivo de dos especies: tilapia y, en menor grado, trucha, ambas importadas, lo cual es de notar por riesgoso. Un análisis de esta actividad no es pertinente en este escrito salvo indirectamente: parte de esa experiencia tiene relevancia para la maricultura a mar abierto por tratarse del desarrollo de un cultivo acuático, también por la apertura de mercado con especies importadas o tradicionalmente poco utilizadas (por ejemplo, la tilapia y la trucha son actualmente de amplio consumo en mercados nacionales, aunque hasta hace poco no existían en el país) y, además, por el manejo de los animales en aspectos nutricionales y reproductivos.

La maricultura en estanques en tierra utiliza agua de mar en estanques naturales o artificiales en tierra, aprovechando las mareas o bombeando el agua y luego devolviéndola tras su uso. Aunque en el mundo este tipo de maricultura se utiliza para una variedad de especies, incluyendo peces herbívoros como el sábalo (*Chanos chanos*, una especie común en el país), en Costa Rica, al igual que en varios otros países del trópico americano, se ha desarrollado ampliamente para el cultivo semi-intensivo del camarón en estanques artificiales en tierra. Este tipo de acuicultura, o maricultura -como se le ha llamado por el uso de agua de mar-, a pesar de su rentabilidad tiene un amplio historial negativo por destrucción de manglares, devolución de aguas contaminadas y -algo que ha sido poco explorado- posible contaminación de acuíferos con agua salada. Todo esto, junto con crecientes costos energéticos, limitan su expansión e incluso amenazan la industria al punto de que recientemente la exportación del camarón de estanque ha enfrentado problemas de aceptación internacional por ello. Esta actividad tampoco es de mayor relevancia en estas líneas salvo, nuevamente, porque su desarrollo aporta a la maricultura a mar abierto. En particular, y sumado a la experiencia en general, el que exista semilla (larvas) de camarón blanco (*Litopenaeus vanammei*) importada en abundancia para el cultivo en estanques, así como alimento concentrado, representa una gran ventaja para el cultivo de camarón en jaulas a mar abierto descrito más adelante.

La maricultura a mar abierto es el cultivo de animales y plantas que se realiza directamente en el mar, sea costero o mar adentro. Hasta ahora, por conveniencia, se ha dado mayormente en mar costero, poco profundo y protegido, como en golfos y bahías, aunque existe experiencia para mar profundo e incluso embravecido (como las jaulas experimentales de Hawai, diseñadas para ser sumergidas en condiciones difíciles). Ésta es la maricultura de interés que se discutirá aquí, que consiste en una gama de aplicaciones productivas, destacándose: (1) jaulas y otros encierros para engorde de los animales más móviles como peces y crustáceos; (2) varios métodos para cultivar moluscos que van desde bolsas o linternas flotantes hasta simplemente cultivarlos amarrados o pegados a cuerdas o trozos de madera, o sembrados en el fondo, y (3) cultivo de macroalgas amarradas a líneas o redes flotantes o sembradas en el fondo, y, para microalgas, en algo que no se ha probado aún, flotación contenida. Estos sistemas de producción pueden ser muy variados en cuanto a escala y nivel tecnológico, yendo desde una siembra rústica de bivalvos juveniles en bolsas a pocos metros de la costa, hasta las más sofisticadas jaulas flotantes de gran tamaño mar adentro, que pueden contener miles de peces en un proceso de engorde tecnificado y automatizado, incluyendo tratamientos con biocidas y manipulación genética.



Jaula para peces herbívoros (en hierro de construcción y malla de chinchorro). Punta Morales. Proyecto Huertos Marinos, UCR

La maricultura así practicada, a mar abierto, que ha sido llamada la nueva agricultura (Radulovich 2008a), es, considerando el nivel de la tecnología actual, la única -aunque excelente- alternativa a gran escala que queda en estos momentos a nivel planetario para implementar nuevas soluciones de tipo agrícola basadas en la fotosíntesis y subsecuentes cadenas tróficas, es decir, neutras en carbono. Sus aplicaciones son múltiples, tantas como las de la agricultura, y van actualmente desde la producción de alimentos hasta la generación de una gama de productos para la industria. Por ejemplo, de las macroalgas, de las que hay miles de especies, se extrae ficocoloides de uso común todos los días en tanto espesantes en productos como pastas de dientes y helados, y hay amplias perspectivas para la producción de bioenergía a partir de ellas, de las que se obtiene rendimientos de hasta 40 T de biomasa por hectárea al año, sin siquiera haber avanzado aún en la sofisticación de su cultivo o su manipulación genética (Radulovich 2008b).

Es importante destacar que las interacciones entre la maricultura a mar abierto y el ambiente y la biodiversidad natural, tanto para pesca y extracción como para el equilibrio ecológico, deben aprovecharse positivamente, preservando los servicios que brindan los ecosistemas naturales (ver Lubchenko 2003). Estas interacciones surgen al tener gran cantidad de animales o algas creciendo en condiciones asistidas, en confinamiento, donde, por las características del mar, el agua fluye constantemente y, a través de ella, incontables especies de animales, algas y microorganismos se desplazan libremente, así como los residuos de las operaciones productivas. Estas interacciones son significativamente diferentes a las que se dan en tierra con, por ejemplo, una granja de pollos, un cultivo de tomates o incluso un estanque de agua conteniendo peces que tenga control sobre entradas y salidas del agua.

Deben, así, reducirse las interacciones negativas, como sería el escape de especies invasoras y la contaminación innecesaria de aguas y fondos. Entre los aspectos positivos destaca el que los animales y plantas en cultivo atraen a la fauna natural, e incluso la fomentan, de forma que la pesca se ve beneficiada. Entre las estrategias más relevantes para lograr disminuir el impacto de la maricultura a mar abierto en el ambiente y la biodiversidad se encuentran, entre otras: (1) la correcta selección de sitios para aprovechar positivamente mareas y corrientes a fin de diluir la contaminación que producen los residuos de alimentos y las excretas; (2) promover la maricultura costera a pequeña escala para disminuir efectos masivos; (3) implementar policultivos de peces con moluscos y algas, tanto porque estos últimos tienen un balance positivo en remoción de materia orgánica como

porque combinar especies disminuye la posibilidad de epidemias; (4) promover el uso de peces omnívoros y herbívoros por encima de los carnívoros para disminuir una sobrepesca destinada a generar alimento para los peces carnívoros, y (5) combinar la maricultura con la pesca responsable en una estrategia de aprovechamiento integral del recurso marino.

Un problema que afecta el desarrollo de la maricultura a mar abierto es la contaminación de aguas del mar por otras fuentes. Destaca la contaminación por aguas negras, indirectamente por ríos que desembocan allí y directamente por uso de emisarios marinos como el que tiene el puerto de Limón. Esto es particularmente severo cerca de las costas, precisamente donde se debe iniciar la maricultura, y, muy posiblemente, pronto se requerirá una sistematización del monitoreo más allá de los notables esfuerzos que han realizado a la fecha el Centro de Investigaciones Marinas (Cimar) de la Universidad de Costa Rica sobre calidad de aguas, y la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional sobre mareas rojas y otros aspectos de microalgas nocivas.

Costa Rica, de forma similar a la región mesoamericana y caribeña, presenta extensiones de mar comparativamente muy grandes respecto de su extensión terrestre. En el Pacífico, el país tiene más de 1.000 km de litoral y 11 veces la extensión terrestre en mar territorial y patrimonial. De hecho, el país limita por mar con Colombia y Ecuador, algo que es comúnmente ignorado. En menor escala, aunque nada despreciable, en el Caribe cuenta con 212 km de litoral y un mar patrimonial de tamaño semejante a toda la extensión terrestre. Además, estos mares se caracterizan prácticamente por una ausencia de huracanes, aunque por supuesto se encuentran zonas y tiempos con grandes corrientes, mar agitado y clima agresivo.

La gran mayoría del producto pesquero consumido en el país proviene de la pesca en el Pacífico, particularmente en el golfo de Nicoya, utilizando mecanismos artesanales o de bajo nivel tecnológico, implementados por miles de pescadores de bajos o medianos recursos (Una-Jica-Incopesca 2005). Sin embargo, la pesca en el golfo de Nicoya está gravemente afectada por sobreexplotación del recurso, lo cual ha llevado a vedas de pesca con todo tipo de redes -de tres meses en 2008- cuyo beneficio no ha sido evaluado ni hay certidumbre de que sea respetada. Incluso se plantea, entre otras opciones, establecer vedas más prolongadas, con el consecuente impacto no solo en la nutrición y en los ingresos de los pescadores artesanales y sus familias, sino también en el suministro de productos del mar a la población en general (lo cual podría venir acompañado de planes de importación, en detrimento del pescador nacional, o de la oportunidad para expandir la pesca artesanal en otras localidades del país). Esta situación, en la que miles de pobladores del golfo de Nicoya ven amenazada su fuente de ingreso e incluso su modo de vida, revela la importancia de fomentar en primera instancia allí, y con esa población, la maricultura a mar abierto, aprovechando así tanto el recurso marino protegido de grandes oleajes que representa el golfo como la experiencia y disposición para trabajar en el mar que tienen esos pobladores.

En toda Latinoamérica, salvo en Chile que ha avanzado extraordinariamente en especial en el cultivo del salmón y en otras actividades en menor medida, el desarrollo de la maricultura a mar abierto ha sido bastante limitado, aunque creciente. Casi en cualquier país se puede encontrar esfuerzos de un tipo u otro, aunque de pequeña y mediana escala -como sería el cultivo de moluscos en México y Brasil y de algas en el Caribe-.

En Costa Rica, el desarrollo de la maricultura a mar abierto ha sido limitado aunque notable en su implementación y, al parecer, se ha dado exclusivamente en el Pacífico, que tiene el factor de mareas bi-diurnas, las cuales fluctúan hasta más de tres metros dos veces al día. Estas mareas, que se dan en mucho menor medida en el Caribe, presentan complicaciones: por un lado, en cuanto a corrientes que se forman por el paso del agua y la necesidad de considerarlas en cuanto a posición y anclaje de estructuras flotantes; por otro lado, la tasa de recambio de aguas es extraordinaria en casi cualquier punto, lo que contribuye grandemente tanto a proveer a los animales de agua fresca como a disminuir los efectos de la contaminación, diluyendo el alimento no consumido y las excretas que abandonan las jaulas.

El estado actual de la maricultura en Costa Rica, o sea, lo que existe en la práctica al momento, que se considera suficiente avance para ameritar una segunda etapa descrita más adelante, puede sumarse en lo siguiente:

Primero: Cultivo de ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) por tres grupos de pobladores costeros de bajos recursos del golfo de Nicoya, utilizando linternas colgantes de líneas flotantes. Esto ha sido impulsado por la Universidad Nacional mediante un loable esfuerzo de ocho años que todavía debe consolidarse ya que a la fecha se ha logrado poca cosecha. Este bivalvo es, además de sumamente exitoso a nivel mundial, otra especie importada, lo cual deja interrogantes sobre la conveniencia de ampliar su producción, salvo que se hiciese utilizando individuos estériles o se llegase a considerar que tras años de su uso es ya inútil seguirla considerando una especie exótica.

Segundo: Dos grupos de jaulas en las que se cultiva -u originalmente se pretendió cultivar- el pargo mancha (*Lutjanus guttatus*). Uno, en manos de pobladores costeros, actualmente en la bahía de la isla San Lucas, en el golfo de Nicoya, con varias jaulas parcialmente ocupadas -incluso ocupadas por otras especies-, que se ha

convertido mayormente en un restaurante flotante que aprovecha así las instalaciones y tecnología desarrolladas por la Universidad Nacional y el Parque Marino en un proyecto con la cooperación de Taiwán. El otro grupo de jaulas de pargo se encuentra en Cuajiniquil, en el Pacífico Norte, como una iniciativa privada e individual (Joyce, F. -entrevista- 2008), que ha estado por años en un estado latente, en lo que de todos modos representa un esfuerzo largo y corrobora la durabilidad de las jaulas hechas con tubería de PVC con malla de chinchorro. Ambos proyectos surgieron de la posibilidad de utilizar alevines de pargo que serían producidos masivamente en el Parque Marino en asocio con la Universidad Nacional, lo cual no ha dado los resultados esperados, ya que el paso de larva a alevín en el pargo mancha encontró los mismos problemas referidos en la literatura sobre la reproducción artificial del pargo (ver Kohno 1998: 76-82).

Tercero: Jaulas para el cultivo de camarón y peces establecidas mancomunadamente, desde principios de 2008, por el proyecto Huertos Marinos de la Universidad de Costa Rica y pobladores del golfo de Nicoya - actualmente en las localidades de las islas Chira, Venado y Caballo, y en punta Morales y Costa de Pájaros-. El camarón utilizado es el mismo que se siembra en estanques en tierra, así como la alimentación que se les brinda, suplementada ocasionalmente con trozos de pescado. Los peces en cultivo son en algunas jaulas carnívoros (corvina, róbalo, pargo, roncadador y otros) y en otras herbívoros y filtradores (sábalo y lisa, respectivamente); se espera posteriormente realizar separaciones más rigurosas entre especies, si fuera necesario. Un aspecto importante es que se han validado también varios diseños de jaulas así como materiales para su construcción, destacándose una vez más la tubería de PVC como adecuada para una gama de condiciones, seguida de cerca por el uso de varilla de hierro para construcción recubierta con resina y fibra. Además, en lo que representa un esquema integrado de cultivar el mar (Radulovich 2006), se cuenta con el cultivo de una alga verde con fines alimenticios, una instalación de hortalizas en flotación y renovados intentos por destilar eficientemente agua de mar utilizando energía solar y recolectar agua de lluvia. Este proyecto es la continuación de esfuerzos anteriores en los que se contó, además de con hortalizas en flotación y destilación de agua de mar, con jaulas con peces y camarones en 2002-2004, las cuales fueron removidas tras exitosas pruebas piloto.

Cuarto: Varios intentos, al parecer esporádicos o con fines de investigación o incluso de recreación, de cultivar bivalvos, peces y camarones, realizados por la Universidad de Costa Rica (particularmente el Cimar), la Universidad Nacional, personal del Instituto Nacional de Aprendizaje, individuos y empresas. Estos intentos, si bien no se han concretado en una producción continuada, han aportado significativamente al desarrollo de experiencia y denotan el interés y la capacidad existentes.

Quinto: Jaulas de pequeño tamaño y diversa hechura utilizadas tradicionalmente para guardar carnada viva, principalmente anchoveta y sardina, que se encuentran en varias partes del territorio nacional y son frecuentes en el golfo de Nicoya, cerca de las costas en que los pescadores mantienen sus pangas. Esta modalidad puede considerarse maricultura a mar abierto autóctona que cuenta con considerable tradición.

Interesante fue el reciente intento de instalar grandes jaulas de engorde (se pretendía instalar hasta 10 jaulas de 50 m de diámetro con capacidad de 120 T de pescado cada una) para atún aleta amarilla en el golfo Dulce, en el Pacífico Sur de Costa Rica, que fue frenado en 2007 por la Sala Constitucional debido a la presión de grupos ecologistas, que argumentaron que el potencial contaminante con excretas y alimento no digerido, así como los efectos negativos en la biodiversidad, eran mayores que los que se consideraron en el momento de dar los permisos. Esta situación, instalar miles de peces carnívoros de gran tamaño en jaulas cerca de la costa, como parte de una operación empresarial que busca maximizar la rentabilidad financiera, es precisamente lo que se debe evitar en el desarrollo de la maricultura a mar abierto en el país, sobre todo en locaciones cerca de la costa. Otra cosa sería el desarrollo de una maricultura a mar abierto cerca de la costa que, además de considerar policultivo y ser de una escala correcta, fuera manejada por pobladores costeros de bajos recursos, hombres y mujeres, agregando la rentabilidad social a la financiera.

Así, la experiencia nacional, que llega a ser significativa y está en curso de consolidarse, se ha desarrollado mayormente a pequeña escala con pobladores costeros de bajos recursos. Los niveles logrados justifican el siguiente paso, que sería promover un mayor número de unidades productivas para continuar evaluando aspectos económicos y ambientales, continuando en forma paralela con el desarrollo y validación de otras alternativas productivas.

Sin embargo, uno de los problemas destacados en la acuicultura nacional es que mayormente se ha utilizado especies importadas que, tarde o temprano, escapan e invaden ecosistemas en detrimento de la fauna y flora locales. En la acuicultura de agua dulce se trata de trucha y tilapia (ésta ha escapado de jaulas e invadido el lago de Nicaragua con un fuerte impacto), y en la maricultura se promueve la ostra japonesa (en el caso del atún aleta amarilla se planeaba traer miles de animales de alta mar e instalarlos cerca de la costa, depredando la fauna pelágica para alimentarlos). Por supuesto, requerir estrictamente que la maricultura se desarrolle en un 100 por ciento con especies autóctonas sería una exageración altamente inhibitoria, sobre todo cuando las especies foráneas ya han sido probadas en otros lugares y existe la tecnología, la semilla y los mercados. Sin embargo, el

tema no deja de ser importante e incluso preocupante, y siendo éste un país tan bien dotado de biodiversidad es notorio que no se comience con la propia.

Uno de los aspectos más vitales en el desarrollo de la maricultura a mar abierto es contar con animales juveniles en cantidad suficiente. La toma de juveniles (larvas, semilla o alevines) directamente del mar no es una opción sostenible, ni autorizada en un país como Costa Rica que tiene estrictos criterios sobre el uso de la biodiversidad nativa. La excepción, altamente viable, es capturar peces y otros animales con un tamaño mínimo igual o superior a la talla autorizada y someterlos a engorde final. Incluso otra opción es guardar en jaulas y otros encierros los peces ya desarrollados que sean capturados vivos, particularmente con el fin de esperar mejores precios, evitando al pescador de bajos recursos el tener que vender inmediatamente lo pescado por carecer de capacidad de almacenamiento en frío.

Ya que la importación de larvas o juveniles en grandes números es todavía escasa para la mayoría de las especies -salvo el camarón-, y además conlleva peligros de contaminación biológica, la reproducción local en condiciones artificiales es altamente deseable o incluso indispensable para las especies que no se pueden importar o capturar ya de cierto tamaño para un engorde final.

En estos momentos, la reproducción de animales marinos solamente la realizan con buen grado de éxito para algunos bivalvos la Universidad Nacional, en su Laboratorio de Biología Marina, en Puntarenas, y, para el pargo mancha, también esa entidad en ese mismo Laboratorio y en el Parque Marino, inmediatamente adyacente. Considerando las limitaciones encontradas en la reproducción del pargo mancha, sería de interés que los recursos humanos y materiales se utilizaran en una batería de pruebas con diferentes especies endémicas hasta encontrar las fáciles de reproducir, en vez de continuar el proceso al revés, como fue seleccionar primero la especie, utilizando aparentemente criterios de rentabilidad y preferencias de mercado, y luego dedicarle todo el esfuerzo. En vista de la vital importancia que tiene lograr la reproducción artificial, el proyecto Huertos Marinos de la Universidad de Costa Rica está desde hace unos meses experimentando con la reproducción de peces en condiciones artesanales, brindando condiciones naturales (utilizando “caldo biológico”, o sea las mismas aguas en que las larvas se crían naturalmente) para fomentar el crítico paso del estadio larval al de alevín o juvenil.

Pese a las deficiencias en este campo, resalta como importante el hecho de que en el país se cuenta con larvas de camarón para cultivo, con una capacidad de reproducir bivalvos que debe evolucionar a mayores números y más especies, con peces de talla mínima de una gama de especies para operaciones de engorde final en jaulas, y con algas cuyos propágulos pueden ser tomados inicialmente del medio y utilizados para sembradíos (sobre todo aquéllas cuyas partes vegetativas se prestan para ello). Sin embargo, no solo la falta de ejemplares para cultivar es limitante sino también la muy poca o inexistente experiencia con la mayoría de las especies. Afortunadamente, una nueva línea tecnológica como ésta puede desarrollarse utilizando unos pocos sistemas productivos; de hecho con un solo sistema productivo exitoso bastaría, mientras se va desarrollando experiencia con otros.

Como en todo principio, la eficiencia productiva, que busca maximizar rentabilidad, será algo que se podrá lograr con el tiempo, pudiendo empezar a desarrollarse la industria con menores grados de eficiencia mientras se logre una adecuada rentabilidad financiera, social y ambiental. Además, los principios generales vienen en auxilio a falta de consideraciones específicas, y el vaso tecnológico bien puede considerarse medio lleno y no medio vacío.

Otros aspectos de gran importancia al desarrollar sistemas productivos son: (1) la limitada experiencia existente en cuanto a diseños y materiales para jaulas y otros encierros que se adapten a cada condición, incluyendo el bajo costo para permitir replicabilidad; (2) la disponibilidad de alimento adecuado, que, aunque en estos momentos existe de manera probada solamente para el camarón, ya se han desarrollado algunas fórmulas experimentales para peces en el país, y la literatura cuenta con innumerables ejemplos, además de tenerse la posibilidad de utilizar pescado chatarra y restos (por ejemplo, cabeza de camarón) para carnívoros mientras la escala lo permita, y algas para herbívoros; (3) criterios y diseños probados de anclajes que sean de bajo costo, y (4), de particular relevancia, la capacidad y disposición de pobladores costeros de bajos recursos, hombres y mujeres, para adoptar estas formas productivas, sea como empresarios o como trabajadores de operaciones mayores. Respecto a esto último debe notarse que la forma de ganarse la vida un pescador es muy diferente a la de un agricultor; mientras aquél cada día genera su producto y su ingreso, éste lo hace trabajando por meses durante los cuales no ve ningún ingreso, sino lo contrario. La generación de este tipo de información es parte esencial del proyecto Huertos Marinos y los resultados se van compartiendo en el sitio www.maricultura.net.

Un punto importante es el marco jurídico en que se encuentra inmerso el desarrollo de la maricultura a mar abierto. La *Ley de pesca y acuicultura*, de 2005, es bastante limitante e incluso omisa sobre todo al tratarse de maricultura a mar abierto, la cual al parecer fue poco importante cuando se le redactó y no se estipularon las previsiones del caso. Para empezar, se requiere la aprobación en serie de tres agencias estatales para otorgar una concesión, por mínima que sea (la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, el Ministerio del Ambiente y el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, de las cuales las dos primeras no tienen experiencia en el tema y,

al parecer, la tercera no ha llegado a poner su atención en ello), además de otras agencias que deben estar involucradas (por ejemplo, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes en lo referente a vías de navegación). Por la tramitología, a las personas de bajos recursos eso les limita las posibilidades de obtener una concesión con fines comerciales. Además, la *Ley* tiene varias otras limitaciones, como que no contempla el policultivo (una concesión se da para explotar una sola especie), no permite la investigación y, en términos prácticos, el aspecto de caudales de agua (útil para concesiones en acuicultura terrestre) se entremezcla con el espejo de área marina a concesionar (necesario para concesiones a mar abierto). Sin embargo, una salvedad es interesante: que el cultivo a mar abierto a pequeña escala con fines alimenticios es menos oneroso burocráticamente, lo que favorece al poblador costero de bajos recursos, aunque no con fines comerciales. En todo caso, es indudable que tal *Ley* debe ser revisada, o algunos aspectos modificados por otra vía como decretos, con el fin de solventar las mayores omisiones y proveer así el marco necesario para el cultivo del mar.

Respecto del recurso humano, tanto la Universidad de Costa Rica como la Universidad Nacional tienen fuertes programas en biología marina. La Universidad de Costa Rica tiene, además, el Centro de Investigaciones Marinas, que por 30 años ha realizado investigación en biodiversidad y ambiente marino. La Universidad Nacional ha avanzado más en aspectos aplicados, incluyendo pesca y gran parte de los esfuerzos que existen en maricultura. Ambas instituciones otorgan bachilleratos, licenciaturas y maestrías en biología marina o con énfasis en esa disciplina. Sin embargo, y por falta de experiencia o decisión en el país, y no por falta de recurso humano preparado, la temática de la maricultura no es abordada directamente por ninguna de las universidades en estos momentos. Esto puede ser congruente con el hecho de que la biología no es una disciplina llamada a manejar los recursos sino solamente a estudiarlos, y los agrónomos no han llegado aún a mirar hacia el mar. Así, para el desarrollo de la maricultura será necesario que tanto agrónomos como biólogos crezcan hacia allá, fundamentalmente hacia una formación tipo ingeniero maricultor, como se brinda en Chile.

Considerando la experiencia existente, se cuenta con un avance tecnológico validado en un primer estadio, lo que permite emprender una segunda etapa en el desarrollo de la maricultura a mar abierto en el país. Ésta sería la de implementación de los avances más exitosos a un nivel que permitiera una consolidación comercial de la actividad, preferiblemente en manos de pobladores costeros de bajos recursos, quienes normalmente podrán satisfacer sus necesidades económicas con menores tasas de rentabilidad que una empresa netamente comercial, además de que, por su dedicación a la pesca y a otras actividades extractivas, tienen experiencia en el mar. En vista de que un gran costo es el cuidado permanente que debe realizarse, no en relación a problemas de índole biofísico sino mayormente para evitar robo y vandalismo, un nivel comercial mínimo es aquel que no solamente



Jaula sumergida para camarones (en PVC, concreto y malla de chinchorro de un cuarto). Punta Morales. Proyecto Huertos Marinos, UCR.

cubre todos los costos, incluyendo salarios de los participantes y una amortización de la inversión, sino que también deja beneficios que estimulen a continuar la operación, reinvertiendo e incluso incrementándola por su propia iniciativa.

Aunque no es pertinente abundar aquí en las modalidades de extensión, financiamiento y marco legal que serán necesarias para implementar este siguiente estadio que se propone, sí se considera que el golfo de Nicoya es ideal para continuar el desarrollo de una maricultura a mar abierto a pequeña escala, de tipo costero, realizada por pobladores costeros de bajos recursos, en su mayoría pescadores o relacionados con la pesca, incluyendo mujeres, a quienes cada día les es más difícil realizar rentablemente la extracción de moluscos, actividad que antes les proveía un adecuado sustento. Muy probablemente el golfo de Nicoya, así como el golfo Dulce y otros golfos y bahías, por su configuración encerrada, no son sitios idóneos para desarrollar la maricultura a mar abierto a una escala comercial de mayor envergadura que con fines de rentabilidad social. Una operación netamente comercial y a mediana o gran escalas, que no necesariamente es altamente contaminante pero normalmente lo es porque enfatiza el monocultivo de carnívoros, deberá buscar situaciones tal vez más riesgosas pero más alejadas de la costa, donde cualquier efecto negativo pueda diluirse con mayor facilidad.

Esta siguiente etapa, como se dijo, siempre a pequeña escala pero con un mínimo nivel comercial, en el golfo de Nicoya y otras localidades similares como el golfo Dulce y alrededores, cuenta con la experiencia en cultivo de camarones, de varias especies de peces, de la ostra japonesa y de macroalgas. Evidentemente, hay riesgos que deberán ser entendidos y compartidos por los participantes. Al mismo tiempo, las instituciones respectivas podrán ir avanzando en superar las limitaciones indicadas, de forma que en pocos años se cuente con capacidad productiva instalada y probada, que se habrá ido expandiendo en la medida que sea exitosa, y con nuevas alternativas validadas con los productores mismos.

Complementariamente, y aprovechando la experiencia que existe en el Caribe (Panamá, Colombia, Venezuela y varias islas [ver Rincones 2006 y Robaina *et al.* 2008]), el cultivo de macroalgas puede ser fomentado a mediana y gran escala sin grandes dificultades en ese mar. Considerando el bajo impacto ambiental del cultivo de algas, que en gran medida es más bien positivo, el desarrollo de esta actividad, que implica como mínimo un procesamiento industrial primario del producto para su exportación, bien podría estar en manos privadas con fines netamente comerciales -agregándose la creación de empleo como beneficio social-. La salvedad en esta propuesta sería un esfuerzo orientado a producir macroalgas para bioenergía, lo cual, por ser de alta rentabilidad social, debería contar con patrocinio financiero público y privado, necesario para la investigación requerida antes de lograr rentabilidad financiera.

En la medida en que se den los pasos descritos aquí, o equivalentes, la maricultura a mar abierto avanzará decididamente y podrá entonces considerarse el subsiguiente nivel, que sería una expansión de una gama de actividades productivas, en diversas localidades del país, a diferentes escalas. Será interesante observar este proceso y más aun promoverlo, de manera que, salvo necesidades de apoyo y seguimiento, llegue el momento en que adquiera fuerza propia y esta actividad se convierta en una manera común de hacer las cosas. Sin embargo, sobre lo que sucederá no hay nada escrito y está en manos nacionales la decisión de tomar la iniciativa de avanzar decididamente en este campo tan fértil y promisorio, desarrollando en todo sentido una verdadera cultura del mar, forjada por y para nosotros.

Referencias bibliográficas

- Costa-Pierce, B. A. "The 'Blue Revolution'. Aquaculture must go green", en *World Aquaculture* 33, 2002.
- Fao. 2007. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2006*. Roma.
- IWMI-Fao. 2008. *Agua para la alimentación. Agua para la vida*. Instituto Internacional para el Manejo del Agua. Sri Lanka.
- Kohno, H. "Early life history features influencing larval survival of cultivated tropical Finfish", en De Silva, S. S. (ed.). 1998. *Tropical Mariculture*. Academic Press. San Diego.
- Lubchenko, J. "The Blue Revolution: A global ecological perspective", en *World Aquaculture* 34, 2003.
- Pillay, T. V. R. y M. N. Kutty. 2005. *Aquaculture Principles and Practices*. Blackwell Publishing. UK.
- Radulovich, R. "Cultivando el mar", en *Agronomía Costarricense* 30, 2006.
- Radulovich, R. (2008a). "Maricultura: la nueva agricultura", en *La Nación* 27-4-08.
- Radulovich, R. (2008b). "Take biofuel crops off the land and grow them at sea", en *SciDev.net* 6-6-08.
- Rincones, R. 2006. *The Jimoula Initiative-Seaweed farming as a sustainable alternative for the development of coastal communities in the Guajira Peninsula, Colombia*. Agromarina. Colombia.
- Robaina, R., P. García y G. Batista. 2008. *Cultivo ecosostenible de algas marinas. Memoria PCI C5054/06, Universidad de las Palmas de Gran Canaria y Universidad de Panamá*.
- Una-Jica-Incopesca. 2005. *Resultados de los estudios de la flota pesquera artesanal y sus actividades de pesca en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Proyecto Manejo de la Pesquería para el Golfo de Nicoya, 4*.





Potencial de cultivo del pargo manchado en Costa Rica

JORGE BOZA y MARVIN RAMÍREZ

Durante los últimos años, el Laboratorio de Biología y Cultivo de Peces Marinos ha implementado la reproducción controlada y el alevinaje de pargo mancha, *Lutjanus guttatus*, en la Estación de Biología Marina de la Universidad Nacional con sede en Puntarenas. Aunque en un inicio las condiciones de reproducción no fueron las adecuadas (Boza 2001), se logró realizar la reproducción inducida con suspensión de pituitaria de carpa, hormona que estimula la maduración final y el desove en las hembras. Luego, se utilizó otras hormonas sintéticas como Ovaprim y HCG, que produjeron desoves de un solo día. Los peces adaptados al cautiverio desovaron espontáneamente en los tanques, lo que simplificó la manipulación de los reproductores y la obtención de los desoves para realizar el crecimiento de las larvas. Las larvas obtenidas de los desoves fueron crecidas bajo el concepto de “agua verde”, llegándose a obtener juveniles que fueron engordados en jaulas flotantes, hasta alcanzar su tamaño de venta. También, en el laboratorio se ha realizado trabajos en crecimiento con pargos manchados silvestres, así como trabajos en la recuperación del color rojizo, característico de los pargos, el cual se pierde en condiciones de cultivo.

Durante el período julio-diciembre 1998, se capturó hembras de *L. guttatus*, utilizando anzuelos. Éstas fueron transportadas al laboratorio e inducidas al desove mediante la aplicación de 4 mg de extracto de pituitaria de carpa por kilogramo de peso corporal. La maduración de las hembras fue monitoreada mediante la toma de muestras de cánula (tubo de polietileno que se introduce en el poro urogenital de las hembras). La efectividad de la hormona fue determinada por la obtención de huevos desovados, 24 horas después de realizar el tratamiento hormonal. Las hembras liberaron entre 115.500 ± 990 huevos y 125.000 ± 9.500 huevos, siendo su diámetro de 0,724 mm (Valverde 1998, Valverde y Boza 1999). López (2003) determinó la potencia del extracto de pituitaria proveniente de pargos salvajes: utilizando la técnica de hipofisación, se extrajo las pituitarias de hembras y machos de pargo mancha, que fueron secadas y maceradas, para ser utilizadas en un ensayo de maduración *in vitro*. Al comparar el efecto de los macerados sobre la condición de los ovocitos, se observó que cada miligramo de pituitaria de pargo manchado (hembra) contiene aproximadamente 200 UI de actividad gonadotrópica, mientras que la pituitaria de machos posee 120 UI por miligramo de actividad gonadotrópica. Con el fin de mejorar la manipulación de los reproductores, se instaló en punta Cuchillo (en Paquera) cuatro estructuras con mallas para retener un grupo de reproductores y no tener que estar dependiendo de las líneas de anzuelos. Tal grupo fue utilizado para realizar la optimización de la dosis hormonal (Rodríguez 2004) para inducir al desove. La hormona utilizada fue la gonadotropina coriónica humana, que actúa a nivel gonadal y cuyo componente activo es la gonadotropina. Los resultados indicaron que la dosis óptima a ser utilizada es 1.800 UI de GCH por peso corporal, suministrada en dos dosis (50 por ciento cada una) con intervalo de 24 horas. Al aplicar este tratamiento todas las hembras inyectadas desovaron (124.678 huevos ± 33.561 huevos), siendo la fertilización de 82 por ciento ± 23 por ciento. En otras experiencias, en la inducción al desove del pargo se utilizó ovaprim, que es otra hormona inductora de desove cuyo componente es hormona liberado de la gonadotropina, así como el domperidon. Esta hormona no superó los resultados obtenidos con la gonadotropina coriónica humana (Rodríguez 2004). Aunque en los siguientes años la inducción al desove se hizo con tratamiento hormonal, también se realizaron experiencias en la inducción mediante la manipulación de los factores ambientales, principalmente la temperatura. Un grupo de reproductores criados en las balsas fue trasladado a la Estación de Biología Marina, se les aplicó el protocolo de desove y se mantuvieron en un tanque de 18 toneladas de agua de mar, a una temperatura constante de $30^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$. Después de transcurridos algunos meses, los peces comenzaron a desovar espontáneamente durante varios días, en sincronía con las mareas y las fases lunares (Boza-Abarca *et al.* 2008). Esto constituye un gran logro en la reproducción inducida del pargo mancha, ya que en los eventos anteriores los desoves ocurrían sólo una vez. Los desoves son utilizados para realizar repoblamiento en el golfo de Nicoya, y para la producción de juveniles, que son engordados en jaulas.

El período de alevinaje de los pargos es sumamente crítico, y el pargo mancha no es la excepción. El alevinaje es el período comprendido entre el desove y la obtención de un alevín o juvenil de 45 días de edad.

Durante este período, la alimentación de las larvas es crucial, y se lleva a cabo con diferentes tipos de alimento



Niño exhibiendo pescado

Gregory Basco

vivo (microalgas, rotíferos, copépodos y artemia). Todos estos cultivos masivos deben estar preparados para poder realizar el alevinaje. El protocolo de alevinaje se realiza repetidamente en la Estación de Biología Marina (Boza 2003, Boza-Abarca *et al.* 2008); sin embargo, los porcentajes de supervivencia de las larvas son muy bajos: entre 1 y 1,5 por ciento. Con el fin de mejorar este valor, Rodríguez (2004) evaluó el efecto de la temperatura en la supervivencia de las larvas. Después de someter a las larvas a temperaturas de 22 ° C, 25 ° C y 28 ° C, la mayor supervivencia se observó a los 22 ° C (63,2 por ciento) y a los 25 ° C (62,9 por ciento), correspondiendo la menor a 28 ° C (26,2 por ciento). Aunque la supervivencia durante el alevinaje (45 días) es muy baja (1,5 por ciento), la cantidad de juveniles es significativa, ya que, por desove de 100.000 huevos, se produce alrededor de 1.500 juveniles, cada mes.

Se ha realizado varios trabajos sobre el engorde en diferentes etapas del crecimiento del pargo. Entre ellas se destaca el crecimiento realizado con larvas durante los primeros 26 días después del desove, a una tasa de 0,243 mm por día⁻¹, siendo la longitud total de 10,23 mm. Luego se deter-

minó que hasta los 67 días el peso promedio de los juveniles fue de $2,42 \pm 0,84$ g (n=38). Por último, hasta el día

171, el peso alcanzó $33,36 \pm 9,13$ (n=30), siendo la tasa de crecimiento de $0,2$ g por día⁻¹ (Boza-Abarca *et al.* 2008). Olivares y Boza (1999) realizaron un crecimiento de juveniles con un peso inicial de 42 g, por un periodo de 14 días, con cinco tasas de alimentación (0 por ciento a 5 por ciento del peso corporal por día) de alimento granulado. Para este ensayo las tasas de crecimiento máxima y óptima fueron 2,05 por ciento peso corporal por día⁻¹ y 1,09 por ciento peso corporal por día⁻¹, respectivamente. Por otro lado, Guzman *et al.* (2000) realizaron un engorde en jaulas flotantes durante 122 días, con peces capturados del medio, siendo el peso inicial promedio de 118,8 g. El alimento utilizado fue un granulado comercial para trucha y otro granulado para camarón, dietas comerciales que se venden en el mercado nacional. Al final del periodo experimental, la mortalidad fue de 22,5 por ciento. Los peces alimentados con granulado de trucha alcanzaron un peso promedio de 247,5 g, mientras que los alimentados con granulado de camarón alcanzaron un peso promedio de 252,2 g. Los peces producidos fueron comercializados al final del ensayo, siendo su precio de venta menor con respecto al del mercado, a causa -según se aduce- de la falta de coloración presentada en los peces en cautiverio. Debido a esto, Umaña (2006) (datos no publicados) realizó un experimento con el fin de mejorar la calidad de los peces en cuanto a su coloración. En condiciones controladas, se puso a prueba alimentos granulados a los que se les adicionó diferentes fuentes de carotenoides (astaxantina, paprika y achiote). Los resultados revelaron un mejoramiento en cuanto a coloración característica del pargo (rojizo) en el tratamiento con astaxantina, pero menor con respecto a la paprika y el achiote. El mejoramiento en la coloración rojiza implica un aumento en el precio de venta de los peces cultivados, casi igualando el precio de venta de peces capturados con diferentes artes de pesca (trasmallo, línea de fondo y anzuelo).

Sotela (1999) realizó un estudio económico acerca de la factibilidad de realizar un cultivo en jaulas flotantes de pargo manchado. En su trabajo concluye que el pargo mancha tiene un buen mercado nacional e internacional cuya demanda no se encuentra satisfecha, dado que su oferta no alcanza las expectativas de la demanda. Los precios de venta internacionales son casi el doble de los nacionales, por lo que la venta debería dirigirse al mercado externo. Además, la dimensión del proyecto no se relaciona directamente con su rentabilidad, lo cual es influenciado por la relación entre los gastos e ingresos de cada uno (dimensión versus rentabilidad). Por último, este análisis reveló la factibilidad económica de realizar cultivos en jaulas de pargo mancha en el golfo de Nicoya. Aunque estos proyectos conllevan un alto riesgo, la asunción, por parte de los grupos organizados, de la administración y del trabajo de campo disminuyen la inversión y aumenta la rentabilidad de los proyectos.

Durante los últimos años, se ha puesto en actividad dos proyectos. Un módulo de producción está siendo administrado por el Parque Marino del Pacífico en coordinación con un grupo de pescadores del golfo, mientras que el otro está siendo coordinado por la empresa privada y se encuentra en el proceso de acondicionamiento de las jaulas.

Aunque el inicio de la maricultura del pargo mancha ha sido lento, si se compara con otras especies de agua dulce (tilapia) se vislumbra un futuro prometedor en estos proyectos.

Referencias bibliográficas

- Boza, J. A. "Desarrollo de la maricultura en el golfo de Nicoya", en: 2001. *Alternativas de producción en el Golfo de Nicoya. Memorias del Taller. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura.*
- Boza, J. A. 2003. *Manual para la reproducción y alevinaje del pargo manchado, Lutjanus guttatus.* Estación de Biología Marina (mim.). Costa Rica.
- Boza-Abarca, J. *et al.* "Desove inducido y crecimiento larval del pargo manchado, *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869), en la Estación de Biología Marina, Puntarenas, Costa Rica", en *Ciencias Marinas* 34, 2008.
- Guzmán, E. M., C. M. Infante y O. A. Vargas. 2000. *Manejo del cultivo de pargo manchado Lutjanus guttatus en jaulas flotantes en punta Cuchillo, Paquera, golfo de Nicoya de Costa Rica.* Tesis de Licenciatura en Manejo de Recursos Naturales, Uned.
- López, A. G. 2003. *Determinación de la potencia del extracto de pituitaria del pargo mancha, Lutjanus guttatus, in vitro.* Tesis de Licenciatura en Biología con énfasis en Manejo de recursos marinos y dulceacuícolas, Universidad Nacional.
- Olivares, O. P. y J. A. Boza. "Crecimiento de juveniles de pargo mancha, (*Lutjanus guttatus*) utilizando alimento granulado en condiciones de laboratorio", en *Uniciencia* 16, 1999.
- Rodríguez, E. J. 2004. *Efectos de la dosis y tipo de hormona en la calidad del huevo, bajo condiciones de cautiverio y efecto de la temperatura en prelarvas del pargo manchado, Lutjanus guttatus.* Tesis de Licenciatura en Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Colombia.
- Sotela, A. S. 1999. *Evaluación de un proyecto de factibilidad del cultivo de pargo de la mancha (Lutjanus guttatus) en jaulas en el golfo de Nicoya, Costa Rica.* Tesis de Licenciatura en Biología con énfasis en Manejo de recursos marinos y dulceacuícolas, Universidad Nacional.
- Umaña, F. D. 2006. *Efecto de los carotenoides dietarios de bajo costo en la coloración del pargo manchado (Lutjanus guttatus)* (en revisión).
- Valverde, S. Ch. 1998. *Determinación de la dosis hormonal que estimula la maduración final y el desove en hembras de Lutjanus guttatus (Steindachner, 1869).* Tesis de Licenciatura en Biología con énfasis en Manejo de recursos marinos y dulceacuícolas, Universidad Nacional.
- Valverde, S. Ch. y J. A. Boza. "Inducción al desove en hembras del pargo mancha, *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869)", en *Uniciencia* 15-16, 1999.





Pobreza en las costas ticas y potencial de la acuicultura

SIDEY ARIAS

En Costa Rica, la actividad pesquera artesanal no se consolidó como una opción de estabilidad económica para muchas de las comunidades costeras debido a varios factores: La flota pesquera se incrementó rápidamente en los últimos 25 años, sobreexplotando el recurso pesquero -especialmente en el golfo de Nicoya- y restándole a los pescadores artesanales campo para sobrevivir y desarrollarse. Simultáneamente, a raíz de los cambios estructurales en el sector agropecuario, en las áreas rurales cercanas se generó bastante desempleo y hubo migraciones principalmente al golfo de Nicoya, presionando más sobre los recursos marino-costeros y no contribuyendo de ningún modo al desarrollo de la actividad pesquera, sino más bien afectándola por la difusión de “patologías” sociales como el alcoholismo. Y, finalmente, por falta de estrategias político-sociales orientadas a la potenciación de los recursos humanos y naturales locales con propuestas fundamentadas en el equilibrio socio-ambiental.

Son muchas las comunidades costarricenses de pesca artesanal ubicadas en el Pacífico: Puerto Soley, El Jobo, Cuajiniquil, Playas del Coco, Tamarindo, Sámara, Marbella, Lagartos, San Ruanillo y Malpaís. Y en el golfo de Nicoya: Paquera, isla Venado, isla Caballo, isla Chira, Puerto Thiel, Corozal, Pochote, Puerto Moreno, Nispero, Colorado, Manzanillo, Costa de Pájaros, Morales, Chomes, Cocorocas, Puntarenas y Tárcoles. Y, en la misma costa, al sur: Esterillos, Parrita, Quepos, Dominical, Uvita, Puerto Cortez, Sierpe, Puerto Jiménez, Golfito y Pavones. Y en el Caribe: Barra del Colorado, Tortuguero, Parismina, Limón, Cahuita y Puerto Viejo (Fao 2008).

A pesar de la problemática que presenta la actividad pesquera: escasez de recursos, subsidios de combustibles a niveles insostenibles, ecosistemas desgastados por artes de pesca altamente dañinos -como la pesca de arrastre-, Costa Rica se resiste a invertir esfuerzos para desarrollar y potenciar las comunidades costeras con otras alternativas como el repoblamiento y/o el cultivo de especies marinas en sistemas naturales. Por el contrario, preferimos impulsar la implementación de actividades que acompañan un fuerte desarrollo inmobiliario a lo largo de la costa pacífica, comprometiendo así no solo la estabilidad y la calidad de los ecosistemas y los recursos marinos, sino también complicando más el panorama de estabilidad social para las comunidades costeras.

Por tanto, es importante que el país analice sus perspectivas de desarrollo a corto, mediano y largo plazos en lo referente a seguridad alimentaria, a la problemática de las comunidades costeras -en términos de pobreza, escasas oportunidades de empleo y migración de comunidades enteras (Tamarindo, Jacó, Papagayo)- y, también, respecto del agua potable, que ya escasea en zonas del país con desarrollos turísticos desordenados (como Tamarindo y Jacó). Es imperativo que nuestras comunidades costeras salgan del estancamiento y que Costa Rica promueva, innove y fortalezca los esfuerzos en desarrollo rural mediante iniciativas de repoblamiento y cultivos marinos en pequeña y mediana escalas. Al respecto, Fao indica que la acuicultura es un importante instrumento de desarrollo rural, de seguridad alimentaria, de potenciación de las economías locales, de aumento de la calidad de vida y de generación de nuevas actividades y oferta de empleo. No obstante, se requiere un fuerte impulso, financiamiento, acompañamiento y promoción de los espacios financieros, políticos, sociales y académicos que nos permitan liberarnos de las cadenas del conformismo, del “casi”, del “pero” y de “en la próxima será”, anteponiendo una estrategia de intervención y ejecución basada en metas reales que permitan el emprendimiento de una gestión enfocada en el repoblamiento y la acuicultura marina con valores de rentabilidad para los productores y para las otras actividades que se generarían alrededor de ella, productos de alta calidad nutricional e inoocuos para el consumidor y, sobre todo, con responsabilidad ambiental.

Fournier y Fonseca (2008) evidencian que las comunidades costeras de Costa Rica presentan los mayores índices de pobreza. Esto hace necesario crear opciones productivas atractivas en el corto y el mediano plazos para que las mismas comunidades las acometan y se apropien de un crecimiento local que los consolide a ellos como pequeños y medianos empresarios capaces de sostenerse. Se vislumbra opciones prácticas y rentables que, bien implementadas, no solo resolverían la pobreza sino que tendrían un efecto dominó en la generación de empleo para otros sectores, como lo plantea Martínez (1999) cuando discute sobre el fomento de la acuicultura

rural a pequeña escala como herramienta para la mitigación de la pobreza, enfocando tres aspectos: producción de alimento, generación de empleo y potenciación de las economías familiar y local.

“Además -dice Martínez (1999)- existen otros ingresos menos palpables pero igual de importantes, como es la capacidad de autogestión por las comunidades, un cambio de una conducta meramente extractora y consumista a otra productiva y de protección ambiental, porque en esta última se fundamenta el éxito -o fracaso- de la acuicultura rural a pequeña escala. En este caso, el éxito está en una producción extensiva realizada por muchos, lo que no solo produce divisas al país sino que, además, genera empleo sustentable a muchas familias [...] La evolución exitosa de la acuicultura rural a pequeña escala en países con altas densidades demográficas, por ejemplo China, donde la mayor parte de la acuicultura es todavía de tipo tradicional, se lleva a cabo dentro del núcleo familiar y el producto de ella contribuye significativamente al consumo alimentario local, sosteniendo la situación económica de familias enteras. China es responsable de casi el 70 por ciento de la producción de acuicultura a nivel mundial”.

La acuicultura constituye un elemento base para potenciar el desarrollo, un instrumento importante para elevar la seguridad alimentaria y un medio para obtener un importante valor agregado en las exportaciones (González 2002). No obstante, es importante aclarar que la acuicultura rural de pequeña empresa también debe cumplir en atender la responsabilidad de ofertar un producto que cumpla con las regulaciones del mercado en cuanto a manipulación, inocuidad alimentaria, empaque, presentación del producto final, responsabilidad y calidad ambiental.

Hace 25 años se dieron los primeros impulsos a la acuicultura en el país, esfuerzos que se han visto frenados principalmente por falta de propuestas claras, articuladas, reales y factibles que ganen el interés político de las instituciones responsables en direccionar y promover el desarrollo socioeconómico local, fortaleciendo al productor con un acompañamiento técnico permanente. Hoy aún existen limitantes importantes para que Costa Rica inicie en serio en el corto plazo el desarrollo de la acuicultura.



Ricardo Garibay

Referencias bibliográficas

- Fao 2008. *30ª Conferencia Regional de la Fao para América Latina y el Caribe. Informe sobre las actividades de la Fao (2006-2007) Enfocado en los logros de los Objetivos del Desarrollo del Milenio y del Foro Mundial de la Alimentación. Brasilia, Brasil 14-18 de abril.*
- Fournier, M. y A. Fonseca. “La zona marino-costera”, en Estado de la Nación. 2007. *Décimo tercer Informe sobre el estado de la Nación en desarrollo humano sostenible.*
- González, F. “La acuicultura y el desarrollo económico”, en *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 18 (1-4), 2002.
- Martínez, M. 1999. *La Acuicultura Rural en Pequeña Escala en el Mundo. Red de Acuicultura Rural en Pequeña Escala – Taller Arpe - Fao-UCT, 09 al 12 Noviembre 1999.*

