



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 resumirse 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*.

