

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ACUICULTURA: REPERCUSIONES POTENCIALES, ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN (Segunda y última parte)

El presente artículo representa una extracción del Documento Técnico de Pesca y Acuicultura publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en 2012, titulado “Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura. Visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos” el cual es un estudio analítico exploratorio para identificar los principales problemas vinculados con el cambio climático y la pesca.

El documento contiene los tres estudios técnicos exhaustivos, mismos que presentan una visión de conjunto de los conocimientos actuales sobre las posibles consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura. En particular se publica una parte del tercer estudio denominado El cambio climático y la acuicultura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación.

El estudio en comento se ocupa de los efectos del cambio climático en la acuicultura y entrega una visión general de la producción de peces mediante la acuicultura y una síntesis de los trabajos hasta ahora realizados sobre los efectos del cambio climático en la acuicultura y en las pesquerías. El trabajo está enfocado en las repercusiones directas e indirectas –en términos de biodiversidad, enfermedades de los peces y producción de harina de pescado– del cambio climático en la acuicultura. Asimismo, se estudia la contribución de la acuicultura al cambio climático (emisiones y absorción de carbono) y las posibles medidas de adaptación y mitigación que se podrían aplicar.

En esta segunda parte, revisarán las repercusiones indirectas y las repercusiones sociales de los efectos del cambio climático en la acuicultura.



El cambio climático y la acuicultura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación

4. Repercusiones indirectas del cambio climático en la acuicultura

Las repercusiones indirectas del cambio climático en un fenómeno o en un sector productivo pueden ser sutiles, complejas y difíciles de desentrañar, pero los desafíos que plantean las medidas de adaptación que es necesario diseñar para combatirlos o superarlos pueden ser formidables.

Como las pesquerías representan una de las principales fuentes de insumos para la acuicultura al suministrar en particular piensos y en menor medida semilla, las alteraciones resultantes del cambio climático mundial que se registren en ellas se harán sentir en los sistemas de acuicultura. Especial importancia tendrá la designación de las diferentes áreas aptas para el cultivo las especies de acuicultura, pero también serán factores pertinentes la disponibilidad y los precios de los recursos, por ejemplo la proteína de pescado que se usa para la fabricación de piensos. Handisyde y otros, en el estudio denominado "The effects of climate change on world aquaculture: a global perspective" de 2006, examinaron dos repercusiones indirectas del cambio climático en la acuicultura en relación con las posibles fluctuaciones de los precios de los productos de la pesca de captura y las repercusiones de la disponibilidad de harina y aceite de pescado. El informe discute los cambios en la producción de estos dos productos y la necesidad de modificar el uso que a ambos se da en la acuicultura, pero sin dar mayores detalles.

También es oportuno señalar que puede crearse una situación imprevista en lo que respecta a la producción de alimentos acuícolas debido a que algunas materias primas vegetales serán desviadas en cantidades crecientes hacia la producción de biocombustibles. Por efecto de la competencia, la disponibilidad de los alimentos acuícolas podría verse limitada y los costos de los ingredientes podrían aumentar. Puesto que la producción de biocombustibles y el desvío de materias primas que tiene como propósito la fabricación de biocombustibles están aún en una etapa de transición, y las partes interesadas expresan sobre la materia puntos de vista opuestos, es prematuro tratar este tema con detalle y mucho menos predecir sus futuros impactos en la disponibilidad de alimentos acuícolas.

4.1. Suministros de harina y aceite de pescado

El tipo de repercusión indirecta del cambio climático más evidente y más frecuentemente discutido en el sector acuícola se relaciona con los suministros de harina y aceite de pescado y su uso simultáneo en la acuicultura. Tacon, Hasan y Subasinghe en su artículo llamado "Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications" de 2006, estimaron que en el 2003 el sector consumió 2.94 millones de toneladas de harina de pescado en todo el mundo (53.2 por ciento de la producción mundial de harina de pescado), y que esas cifras equivalían al consumo de 14.95 a 18.69 millones de toneladas de pez forraje/morralla/pez de bajo valor, especialmente pelágicos pequeños. En todo el mundo se han realizado investigaciones para combatir este problema incipiente. Se



han llevado a cabo estudios prácticamente en todas las especies cultivadas para ensayar el posible reemplazo de la harina de pescado con otras fuentes de proteínas más baratas fácilmente disponibles, en especial subproductos agrícolas. La literatura sobre el tema es voluminosa y exhaustiva. Desafortunadamente, las conclusiones han conducido a escasas soluciones prácticas, con la excepción notable del empleo de la soja y la harina de trigo en cantidades relativamente elevadas en los alimentos para peces. Los problemas encontrados en el campo de la transferencia de las soluciones teóricas a la práctica, así como otros temas relacionados, han sido ya estudiados en detalle.

La producción industrial de harina y aceite de pescado se basa normalmente en unas pocas poblaciones de pequeños pelágicos poco longevas de crecimiento rápido que se encuentran en zonas subtropicales y templadas. Las principales poblaciones que se utilizan en la industria de la transformación son la anchoveta peruana, el capelán, el lanzón y las sardinas.

Se ha predicho que la productividad biológica en el Atlántico septentrional disminuirá en el 50 por ciento y que, a nivel mundial, la productividad del océano bajará un 20 por ciento. Además de la pérdida de productividad general y el consiguiente impacto en la pesca de captura y por ende en la materia prima disponible para transformación, se pronostican otros efectos del cambio climático en la pesca. Es posible que los cambios anunciados en la circulación oceánica determinen una mayor frecuencia de fenómenos del tipo El Niño. Éstos influirán a su vez, como ya ha ocurrido en el pasado, en las poblaciones de los pequeños pelágicos (p. ej., la anchoveta peruana, *Engraulis ringens*). El impacto de El Niño en los desembarques de sardina peruana y anchoa –y por tanto en los suministros mundiales de harina y aceite de pescado– ha sido bien documentado. Análogamente, los cambios que ocurran en el índice invernal de la oscilación atlántica que se traducen en temperaturas invernales más altas, podrían influir en el reclutamiento de los lanzones (*Ammodytes* spp.). Estas variaciones en la productividad de las pesquerías que abastecen a la industria de transformación limitarán la disponibilidad de materia prima transformable y en particular las actividades de las principales pesquerías de las que proviene la producción de harina y aceite de pescado.

Teniendo presente que la acuicultura no es una actividad uniformemente practicada a través del mundo y que predomina en las regiones tropicales y subtropicales, conviene considerar cuáles serán las prácticas acuícolas más afectadas y de qué forma.

El uso de la harina de pescado es notablemente mayor en Asia, en Europa predomina el uso del aceite de pescado. Lo que es más importante es que la producción por unidad de harina y aceite de pescado es bastante más alta en los países en los que la acuicultura se basa sobre todo en las especies de peces omnívoros que reciben piensos procedentes del exterior, los cuales contienen mucho menos harina y muy poco aceite de pescado. Este último hecho es evidente cuando se consideran los grupos de especies cultivadas en relación con los beneficios por unidad de uso de harina y aceite de pescado en el pienso.

A raíz de los posibles cambios climáticos y las consiguientes repercusiones adversas en las poblaciones de peces silvestres con que se abastecen las industrias de transformación, el camino por seguir consiste en aumentar de manera concertada y desarrollar aún más, en los trópicos y sub-trópicos, la acuicultura de peces omnívoros y peces que se alimentan por filtración.

Esta sugerencia ha sido formulada múltiples veces por muchos autores, y los procedimientos de adaptación exigirán cambios profundos en la demanda de consumidores y mercados. Al atraer la atención del público sobre este asunto, el mismo se ha convertido en un tema de debate ético. Los cambios en la opinión pública podrían darse con el tiempo, si se tiene presente que muchos grupos abogan ya, desde un punto de vista puramente ético, por que los recursos primarios usados en la industria de transformación sean canalizados hacia los pobres como fuente alimentaria directa. En efecto, a medida que se dispone de información más precisa acerca del encauzamiento de los recursos pesqueros hacia finalidades distintas de las de la producción de alimentos para el ser humano, es muy probable que la demanda del público se oriente lentamente a la acuicultura de peces omnívoros y peces que se alimentan por filtración.

4.2. Otros ingredientes de los piensos usados en la acuicultura

Aunque se ha subrayado que lo importante es cómo reducir el uso de harina y aceite de pescado en los piensos para organismos acuáticos cultivados, a lo largo de los últimos años han ido surgiendo otros problemas. Por ejemplo, las harinas de soja y de trigo se usan a menudo como ingredientes de los piensos para organismos acuáticos cultivados, y el salvado de arroz se usa en la acuicultura tropical semi-intensiva. Ante la necesidad universal de encontrar alternativas adecuadas a los combustibles fósiles, la producción de biocombustibles es una de las principales opciones. El uso de algunos de

los ingredientes mencionados para producir biocombustibles ha dado origen a diversos desafíos económicos y sociales que han producido un efecto dómimo; la repercusión definitiva de esta situación en el sector de la acuicultura es aún difícil si no imposible de predecir.

Además de lo señalado, el aumento del precio de los alimentos y la disminución de los beneficios para los acuicultores –un proceso que ha sido llamado «el tsunami silencioso»–, son dos asuntos que preocupan al sector en la medida en que la disponibilidad de los ingredientes para los piensos y su encarecimiento puedan repercutir negativamente en el costo de los piensos. En la acuicultura, independientemente del producto y del lugar en donde se practique el cultivo, los precios al productor no han aumentado significativamente a lo largo de los años; de hecho, para algunos productos como el camarón y el salmón, los precios han bajado en términos reales.

El margen de beneficio en la acuicultura es sumamente estrecho, y los aumentos de los costos podrían repercutir en los beneficios a tal punto que algunas actividades acuícolas serían inviables. Un factor positivo importante es que en la acuicultura, para la fabricación de los ingredientes de los piensos se usan casi siempre subproductos agrícolas. Por ejemplo, la harina de soja utilizada en los alimentos acuícolas es un subproducto de la extracción del aceite de soja. De forma similar, para la confección de piensos destinados a la acuicultura semi-intensiva de las carpas se usa una gran cantidad de tortas oleaginosas de mostaza (*Brassica spp.*) y de cacahuete, que son subproductos de la extracción del aceite.

Las repercusiones del cambio climático en la agricultura terrestre se están comenzando a cuantificar, y se sabe por lo general que en las zonas tropicales esta agricultura sufrirá más daño que en las zonas templadas. La mayoría de los subproductos agrícolas usados en los alimentos acuícolas provienen de los trópicos. Sin embargo, no se dispone fácilmente de estudios sobre las fluctuaciones de los precios de los subproductos. Urge evaluar los cambios en la disponibilidad, accesibilidad y estructura de los precios de los subproductos agrícolas usados en los alimentos acuícolas y diseñar estrategias de adaptación para garantizar la continuidad de los suministros de dichos alimentos a precios razonables en el futuro próximo, así como la viabilidad de la acuicultura.

4.3. Suministros de morralla, de pez de poco valor y de pez forraje

Existen otras posibles repercusiones indirectas del cambio climático en determinadas prácticas de acuicultura



que en un contexto socioeconómico adquieren gran importancia para algunos países en desarrollo. También en este caso se trata de repercusiones relacionadas con los suministros para alimentos acuícolas y sus ingredientes, en particular la morralla, el pez de poco valor y el pez forraje.

Se ha estimado que en la región de Asia y el Pacífico el sector de la acuicultura utiliza en la actualidad entre 1,603,000 y 2,770,000 toneladas de morralla o de pez de poco valor como fuente directa de piensos. Las predicciones altas y bajas para el año 2010 son de 2,166,280 a 3,862,490 toneladas de uno u otro producto como insumos directos para los piensos.

Sugiyama, Staples y Funge-Smith en 2004, estimaron que en China y en Filipinas se usan, respectivamente, el 72.3 por ciento de 5 millones de toneladas (3,615,000 toneladas) y 144,638 toneladas de morralla o de pez de poco valor como piensos para alimentar a las poblaciones cultivadas.

Edwards, Lee y Allan, también en 2004, estimaron que en la acuicultura vietnamita se usan 323,440 toneladas de estos productos, en su mayor parte para la fabricación de piensos en la granja destinados a la alimentación de los bagres pangásidos que se cultivan en el delta del Mekong. Es importante notar que la mayor proporción de estos productos proviene de las pesquerías costeras artesanales de la región, las cuales proveen medios de subsistencia a miles de pescadores.

Aparte de la pronosticada reducción general de la productividad oceánica, se ha anticipado que el océano Índico se está calentando más rápidamente y que el cambio climático dará lugar a perturbaciones considerables en este océano y en zonas terrestres, en especial en cuanto a productividad y pautas de circulación. La situación podría extremarse debido a los cambios que afectan a los patrones de pluviosidad monzónica y que influyen en la productividad pesquera en las costas, además de otras repercusiones generales relacionadas con los suministros de morralla y peces de poco valor.

Aunque ya se está abordando cómo reducir la dependencia de estos productos en la creciente maricultura asiática, las repercusiones que tendrán lugar aproximadamente durante los diez años venideros en este sector acuícola no pueden ser ignoradas y deben ser enfrentadas con urgencia. El problema es tanto más agudo si se considera que los pescadores de subsistencia y otros pescadores pequeños que no pueden desplazar sus pesquerías y carecen de alternativas son a menudo los que

más dependen de un tipo específico de pesquerías, y quienes sufrirán mayormente las alteraciones y la mayor frecuencia de los cambios.

4.4. Repercusiones en las enfermedades

Mucho se ha debatido sobre el cambio climático y los riesgos asociados para la salud humana. La opinión generalizada es que la incidencia de las enfermedades diarreicas transmitidas por vectores terrestres irá en aumento. Las tendencias potenciales del cambio climático en los organismos acuáticos y a su vez en las pesquerías y la acuicultura han sido menos documentadas, y los estudios se han concentrado sobre todo en el descoloreamiento de los corales y otros cambios conexos. Se ha informado de un aumento de la incidencia de brotes de enfermedades en corales y mamíferos marinos, junto a la incidencia de nuevas enfermedades. El descoloreamiento de corales se vinculó a las altas temperaturas causadas por el fenómeno de El Niño en 1997 y 1998; se ha sugerido que tanto los acontecimientos climáticos como la actividad antropogénica pueden haber acelerado el desplazamiento mundial de las especies, y que así se han reunido patógenos y poblaciones antes no expuestas a agentes infecciosos.

Investigadores han señalado que la intensificación agrícola y las translocaciones asociadas pueden exacerbar las enfermedades infecciosas emergentes en animales silvestres que viven en libertad; y, a raíz de los cambios climáticos —en particular el recalentamiento mundial en algunas zonas áridas del globo—, éstas podrían repercutir en la biodiversidad. Sin embargo, en otros lugares como Europa se predice que esta tendencia disminuirá.

Se ha hecho notar que no se dispone de conocimientos acerca de los parásitos de los animales acuáticos distintos de los parásitos deletéreos causantes de las enfermedades que afectan al ser humano. A raíz de los efectos asociados con el cambio climático que repercuten en los patrones de circulación, y atendiendo a las predicciones deducidas de los modelos de circulación general, se ha tratado de entender los cambios que afectan a las poblaciones de parásitos en las regiones templadas o boreales de América del Norte oriental. La conclusión general arrojada por las simulaciones ha sido que el cambio climático puede influir en la selección de diferentes rasgos del ciclo biológico y que puede afectar la transmisión de los parásitos y potencialmente a su virulencia. Resulta difícil predecir las consecuencias de tales cambios en la acuicultura en sí, pero el estudio indica que el sector acuícola debe ser consciente de las amenazas nuevas y potenciales representadas por el parasitismo.

Durante las últimas dos décadas el ritmo de la eutrofización en algunos océanos y la proliferación de algas nocivas asociadas con este fenómeno han aumentado debido a influencias antropogénicas. Se ha señalado que el ritmo de eutrofización y de proliferación de algas nocivas (FAN¹) iría en aumento a causa de las perturbaciones resultantes del cambio climático, en especial en algunos océanos como el Atlántico septentrional y el mar del Norte, por ejemplo a lo largo de la costa noruega y en otros lugares, pero no de forma homogénea. Las algas tóxicas repercutirán en la vida marina y en la salud humana por conducto del consumo por el hombre de moluscos filtradores, un fenómeno que corrientemente se designa como envenenamiento por mariscos. Además, los FANs también podrían ocasionar efectos dañinos en los cultivos en jaulas, como en el caso de la salmicultura. Es preciso adoptar medidas de adaptación para hacer un seguimiento regular de las instalaciones acuícolas en las zonas potencialmente vulnerables a la eutrofización y FANs.

Es posible que el cambio climático potencie tanto las especies altamente competitivas, tales como la ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*), como la difusión por nuevas zonas de las especies patógenas asociadas. Un hecho relacionado y comparable es que se tienen pruebas de la difusión de dos parásitos protozoarios (*Perkinsus marinus* y *Haplosporidium nelsoni*) en dirección norte desde el Golfo de México hacia la bahía de Delaware y que esto ha causado una mortalidad masiva en la ostra del Atlántico (*Crassostrea virginica*). Se ha indicado que la difusión patógena se ha debido a la subida de las temperaturas invernales en las que, bajo condiciones normales, los patógenos se mantenían inactivos cuando las temperaturas eran inferiores a 3°C.

Todas las mencionadas especies hospedadoras son especies de cultivo. Con el pronosticado aumento de las temperaturas en dirección hacia el polo determinadas por el cambio climático se podría registrar la emergencia de patógenos que se mantenían bajo control cuando las temperaturas invernales eran más bajas. Por lo tanto, pueden ocurrir repercusiones que afectarán en particular a organismos cultivados tales como los moluscos. Otro ejemplo reciente es el brote de *Vibrio parahaemolyticus* en ostras en Alaska y en mariscos en el sur de Chile. En este último país, el primer brote importante ocurrió a comienzos de 2004 y se ha mantenido durante los meses de verano debido a que aparentemente las

temperaturas del agua de mar han aumentado durante esa estación. Tampoco es posible ignorar el efecto de otros factores tales como el aumento de los nutrientes en las zonas costeras. Las medidas de adaptación son, en este caso, principalmente de dos tipos: por una parte, evitar que los organismos comestibles (en especial los bivalvos) queden expuestos a altas temperaturas durante el transporte o el almacenamiento (dado que la temperatura óptima para la multiplicación del patógeno es de 37°C; y cocinar correctamente los mariscos y demás alimentos marinos. Para evitar estos peligros, el consumo de pescado crudo o ceviche ha sido prohibido en Chile, sobre todo durante el verano.



¹ Floraciones algales nocivas

No es difícil predecir en la acuicultura las repercusiones generales del calentamiento del agua en la difusión de enfermedades tales como las enfermedades bacterianas porque, en la mayoría de los casos, su incidencia y persistencia se relacionan con el estrés sufrido por los peces. El aumento de las temperaturas del agua generalmente ocasiona estrés en los peces y facilita las manifestaciones patológicas. La literatura abunda en ejemplos al respecto. Últimamente se ha mostrado el posible efecto de la acidificación en la respuesta inmune de los mejillones, por ejemplo en el caso del mejillón común, *Mytilus edulis*, una popular especie de acuicultura. Se ha indicado que las alteraciones obedecen a cambios en la condición y funciones de los hemocitos, causados a su vez por el efecto de la disolución del carbonato cálcico de la concha.



Es plausible que en la acuicultura de agua dulce pueda aumentar la absorción de sustancias tóxicas y metales pesados en los moluscos cultivados filtrantes, debido a que la subida de la temperatura acelera el ritmo metabólico en estos organismos y que esto pueda plantear problemas relacionados con la seguridad alimentaria y la certificación del producto. Pocas son las opciones de adaptación a que se podría recurrir para obviar estas dificultades; quizá lo más apropiado como primera medida sería controlar regularmente la calidad del agua y el producto cultivado para determinar los riesgos para la salud humana.

Claramente, la difusión de enfermedades es una de las amenazas más temibles, si no la mayor, para la acuicultura. Entre los ejemplos de catástrofes debidas a enfermedades en la industria acuícola cabe citar la difusión de la mancha blanca en la camaronicultura del Ecuador y otros países de América Latina, y más recientemente la anemia infecciosa del salmón (ISA, por su sigla en inglés), que está perjudicando gravemente la industria salmonera chilena a tal punto que sus operaciones podrían contraerse durante los próximos dos a cinco años o un período incluso mayor. Dado que la difusión de las plagas y enfermedades se considera una de las grandes amenazas bajo las distintas hipótesis del cambio climático, las medidas de bioseguridad que es preciso adoptar en el sector de la acuicultura deben ocupar un lugar prioritario en los planes de adaptación.

4.5. Repercusiones en la biodiversidad

En general, se predice que el cambio climático ocurrirá en los hábitats terrestres y en menor medida en los acuáticos, aparte de las que derivan del blanqueamiento de los corales y de la consiguiente pérdida de hábitats coralinos, los cuales están entre los de mayor biodiversidad de la Tierra. Sin embargo, hasta la fecha solo la extinción de una especie se ha vinculado indiscutiblemente al cambio climático: la del sapo dorado (*Bufo periglenes*), que ha desaparecido de Costa Rica. Las predicciones de pérdidas totales de biodiversidad atribuibles al cambio climático son asombrosas; algunos investigadores mencionan que, extrapolando datos, bajo las concentraciones actuales de gases de invernadero, al menos una de cada cinco especies de la Tierra estaría destinada a extinguirse.

Entre las principales características del sector de la acuicultura en todos los regímenes climáticos, continentes y regiones están la fuerte dependencia de las especies exóticas, la translocación asociada de nuevas especies más allá de su ámbito de distribución geográfica normal



20

y la constante transferencia de reservas de semilla entre países y cuencas hidrográficas. Se ha informado hasta ahora de algunas introducciones de parásitos internos vinculados a translocaciones realizadas con propósitos de producción. Si bien no ha sido posible contrastar las repercusiones devastadoras derivadas de un caso concreto de translocación relacionado con la introducción de una plaga fúngica y la consiguiente diseminación del cangrejo europeo de agua dulce nativo, porque no se disponía de indicios explícitos acerca de las especies exóticas per se y su efecto en la biodiversidad, ello no es motivo para dejar de efectuar controles.

Las repercusiones en la biodiversidad causadas por especies exóticas han sido en su mayor parte producto de la competencia por el alimento y el espacio con las especies nativas, la alteración de hábitats y la transmisión de organismos patógenos y han tenido origen en interacciones como la hibridación y la introgresión y otros efectos genéticos indirectos

Algunos investigadores especialistas en el tema abordaron la posible relación entre cambio climático y evolución, concluyendo que:

- muchas alteraciones que se ven como formas de adaptación al cambio climático podrían ser respuestas de adaptación plástica al ambiente y no genuinas adaptaciones micro-evolutivas;
- no existen pruebas fehacientes que indiquen que la adaptación evolutiva al continuo proceso de recalentamiento climático pueda jugar un papel importante.

Se plantea entonces la pregunta si, a raíz de los cambios climáticos mundiales, la dependencia continua, si no en aumento, de las especies exóticas en los futuros avances en el sector acuícola y las reservas de semilla asociadas podría tener repercusiones adversas en la transmisión de enfermedades y en la biodiversidad. Haciendo un balance de las pruebas, se puede afirmar que el cambio climático no amplificará las repercusiones en la biodiversidad de eventuales efectos ejercidos por la acuicultura per se. Sin embargo, teniendo en cuenta los cambios en los regímenes de temperatura y otros fenómenos similares, en particular en la región templada, es mayor la posibilidad de que ocurran enfermedades que afecten a moluscos filtradores y a peces. Además, en todo intento de nuevas introducciones con propósitos acuícolas será necesario tomar en consideración los mencionados factores a la hora de hacer una evaluación inicial de riesgos encaminada a adoptar decisiones.

En el ámbito del desarrollo de la acuicultura mundial hay tres grupos principales de especies que han sido translocadas por todas las regiones geográficas y han llegado a jugar un papel importante en la producción: entre éstas están los salmónidos en las aguas templadas frescas y las tilapias en las aguas templadas tropicales. Ambas suponen en la actualidad una producción de más de un millón de toneladas que se realiza en zonas fuera del ámbito de distribución nativo de dichas especies. A éstas sigue muy de cerca el camarón patiblanco *Penaeus vannamei*. Las tres están entre las especies exóticas más importantes y podrían sufrir las repercusiones del cambio climático. En las regiones templadas, el recalentamiento estrechará el ámbito de distribución de los salmones cultivados, mientras que el efecto opuesto podrá darse para la tilapia y el camarón. En este último caso, la distribución se podría extender hacia gran parte de las zonas subtropicales, donde en el presente el período de cultivo se limita a un único ciclo de crecimiento al año y el grueso de los reproductores es mantenido en condiciones de invernadero.

Las repercusiones del cambio climático en el descoloreamiento de los corales y la pérdida de biodiversidad conexas son fenómenos abundantemente documentados

y adecuadamente entendidos. El decaimiento de los arrecifes debido al descoloramiento, a la debilitación de los esqueletos y al escaso proceso de acumulación de corales alcanzará, según se calcula, el 60 por ciento para el año 2030. De acuerdo con estos autores, los factores de destrucción de los arrecifes no son los mismos que los que la impulsaban en épocas anteriores, y se deben sobre todo a elementos vinculados al cambio climático. No es evidente en este momento cuál pueda ser la pertinencia de la pérdida de los arrecifes de coral y la biodiversidad para la acuicultura. De todas maneras, una de las causas principales del deterioro de los arrecifes —es decir, los métodos de pesca destructivos cuyo propósito es abastecer peces vivos a los restaurantes de lujo— está menguando. Este declive se debe a la sustitución de esos peces con suministros provenientes de la acuicultura, en especial los meros. Es posible que el pescado de los arrecifes de coral termine siendo reemplazado por completo por el producto que procede de la acuicultura; y con ello se habría eliminado una de las causas de la destrucción de los corales y se contribuiría a la conservación de estos hábitats críticos y asimismo a la protección de la biodiversidad.

Los episodios de fuga de individuos contenidos en las instalaciones acuícolas hacia el medio silvestre pueden aumentar debido a los fenómenos meteorológicos extremos tales como ciclones tropicales o marejadas ciclónicas. Se ha discutido acerca de las repercusiones causadas por las especies exóticas en la biodiversidad local, pero no de las repercusiones de la acuicultura en las especies nativas. A menudo, la estructura genética de las poblaciones acuícolas ha sufrido alteraciones debidas a la cría selectiva, a las prácticas de selección, a la deriva y adaptación genética de individuos que viven en cautividad al ambiente y en algunos casos a la endogamia severa.

Las alteraciones de la estructura genética de las poblaciones podrían repercutir potencialmente en el patrimonio génico de las contrapartes silvestres de las especies cultivadas a través de interacciones genéticas entre individuos que han escapado e individuos silvestres. Sin embargo, algunos investigadores señalan que los individuos fugados sanos no genéticamente manipulados no deberían representar una amenaza para las poblaciones de salmón silvestre. Esta opinión es diametralmente opuesta a la de otros autores y denota la complejidad del problema.



La falta de acuerdo, tanto en el campo científico como en otros dominios, no es razón para manifestar una actitud complaciente. Un problema similar se está abordando con algunas especies acuícolas nuevas tales como el bacalao, donde se han analizado tanto los efectos causados por los individuos fugados nativos de salmón del Atlántico (p. ej., en Noruega) como los del salmón exótico (p. ej., en Chile) y no se duda en afirmar que cualquiera que sea la especie cultivada o sus antecedentes genéticos, las medidas preventivas y de mitigación para controlar las fugas deben adoptarse en todos los casos.

Además de causar alteraciones genéticas, se piensa que los individuos fugados del medio acuícola son responsables del aumento de las infecciones parasitarias de las poblaciones silvestres, por ejemplo, en el salmón en aguas costeras del Canadá, entre otros. Las fugas masivas de las instalaciones acuícolas causadas por los fenómenos meteorológicos extremos –muy distintas de las fugas de unos pocos individuos que tienen lugar normalmente a lo largo del tiempo– podrían influir en la estructura genética de las poblaciones nativas y perjudicarlas a largo plazo. Quizá sea necesario al diseñar las instalaciones para zonas vulnerables a los fenómenos climáticos inusuales tomar medidas especiales para contener los escapes masivos.

5. Repercusiones sociales del cambio climático en la acuicultura

Las repercusiones sociales del cambio climático en la pesca de captura, comparadas con las repercusiones sociales en la acuicultura, han sido objeto de mucha mayor atención. Este análisis se concentra en las comunidades pesqueras vulnerables pobres. En esencia, las repercusiones sociales potenciales sobre las pesquerías son múltiples y estriban en:

- la disminución de las ganancias de los pescadores debido a la reducción de las capturas y abundancia de las poblaciones;
- los cambios en las rutas migratorias y en la biogeografía de las poblaciones y su efecto en el esfuerzo pesquero; sirva como ejemplo la dilatación de los tiempos de viaje hacia los bancos pesqueros;
- los cambios en la tecnología de cosecha y en los costos de elaboración resultantes de la necesidad de capturar especies nuevas;
- los daños al capital físico ocasionados por los fenómenos meteorológicos severos;

- las repercusiones en las cadenas y sistemas de transporte y mercadeo;
- la reducción del capital humano derivada de los efectos de los fenómenos meteorológicos severos, el aumento de las mareas rojas y el concomitante envenenamiento de los crustáceos.

Algunos de los factores mencionados, por ejemplo los daños al capital físico o las repercusiones en los sistemas y canales de transporte y de mercadeo, tendrán con toda probabilidad algunos efectos en la acuicultura. Si se considera que la mayor parte de las empresas acuícolas en zonas tropicales y subtropicales son empresas pequeñas, a menudo de propiedad o gestionadas por los mismos acuicultores, pero agrupadas en zonas favorables para la acuicultura, los perjuicios que resultan de los fenómenos meteorológicos extremos repercutirán en los medios de vida propios de esas agrupaciones y afectarán potencialmente a muchos hogares pobres.

Estas comunidades agrícolas están entre las más vulnerables del sector de la acuicultura y las posibilidades de reducir su fragilidad son relativamente limitadas. Como medida de adaptación para permitir a este conjunto recuperar sus medios de vida será necesario implantar un plan de seguros colectivo, lo cual requerirá cambios en las políticas y apoyo por parte del gobierno.

Por el impulso que recibe de precios altos de los productos básicos y mayores márgenes de beneficios, el cultivo de peces es el subsector de la acuicultura que registra hoy en las zonas tropicales el más rápido índice de crecimiento; las técnicas de reproducción mejoradas fortalecen asimismo la expansión de las actividades de este subsector. En los trópicos, estas actividades se desarrollan casi siempre en bahías costeras encerradas y consisten en agrupaciones de pequeñas propiedades potencialmente vulnerables a los acontecimientos climáticos tales como tempestades marinas y marejadas. Estas comunidades acuícolas son muy vulnerables a los fenómenos meteorológicos adversos. Cabe tener presente que, al menos en Asia, este sector recurre sobre todo a los servicios de pescadores en pequeña escala que suministran morralla o pez de bajo valor para la alimentación de las existencias cultivadas. Una situación de mayor vulnerabilidad de estos proveedores podría repercutir en las empresas comunitarias que cultivan peces, que frecuentemente son negocios familiares. Ciertamente, ambos grupos serán muy vulnerables a los efectos del cambio climático, y las alteraciones potenciales serán padecidas

mayormente por los pescadores artesanales, quienes estarán obligados a encontrar medios de vida alternativos, mientras que los cultivadores de peces podrán optar por alimentar a sus poblaciones con piensos comerciales, si esto les resultase económicamente factible.

Se ha señalado más arriba que la subida del nivel del mar, el estrés hídrico y los fenómenos climáticos extremos podrían influir mucho en las regiones de delta, y no se descarta que las actividades agrícolas terrestres deban ser abandonadas y sustituidas por la acuicultura como medio de vida alternativo. Estos cambios entrañan grandes trastornos sociales en lo que respecta a los estilos de vida que harán necesario instaurar medidas de adaptación cuidadosamente planeadas. Inicialmente será necesario proporcionar asistencia en materia de creación de capacidades para que el cambio en las formas de subsistencia sea eficaz. Existen ejemplos que ilustran cómo se pasa de la agricultura a la acuicultura para asegurar los medios de vida; al respecto cabe mencionar las experiencias de comunidades que han debido desplazarse a causa de la construcción de diques de contención. Se ha informado de algunos casos en que los titulares han mejorado su situación socioeconómica tras la adopción de la acuicultura.

Podrían registrarse repercusiones sociales negativas indirectas en el vecino sector de la elaboración acuícola que produce productos de valor relativamente bajo y que accede fácilmente a las instalaciones de cultivo. Sin embargo, con la subida del nivel del mar y la consiguiente infiltración de aguas salinas (véase la Sección 3.2.2) podría ser necesario trasladar las instalaciones de cultivo a zonas aguas arriba, y quizá las plantas elaboradoras se verían motivadas para seguir el ejemplo. Esto se traduciría en pérdidas de oportunidades de empleo para algunas comunidades y en ganancias para otras y crearía, al menos temporalmente, problemas sociales y una retirada de capitales. Otro factor indirecto es que algunos de los mecanismos de adaptación que han sido desarrollados a nivel mundial para combatir las emisiones de carbono y por lo tanto el cambio climático podrían ocasionar una vulnerabilidad mayor en el sector de la acuicultura.

Uno de los grandes cambios sociales e industriales que se registra en el mundo entero es la importancia cada vez mayor que se da a la producción de biocombustibles y la presión de grupos que abogan por que las materias primas que se usan para la producción de piensos acuícolas –harina y aceite de pescado– se destinen directa-

mente a la alimentación humana. Estas tendencias afectarán a la acuicultura ya que los ingredientes esenciales de los piensos serán siempre más escasos y caros; y por consiguiente el cultivo de peces carnívoros y camarones se volverá una empresa casi prohibitiva.

Algunos grupos de presión sostienen que en un mundo que está tomando conciencia de los procesos que determinan las emisiones de carbono, incluidas las que derivan de la producción de alimentos, la acuicultura constituye una actividad que carece de sostenibilidad ecológica. Hace dos décadas, los consumidores no ponían mucha atención a la calidad, el eco-etiquetado y la trazabilidad, pero ahora estos asuntos han adquirido trascendencia en la comercialización, sobre todo en el mundo desarrollado.

Se ha hecho notar que algunos productos cultivados son energéticamente costosos, pero obtienen un precio al consumo alto que los sitúa en la escala superior de los mercados. Es posible que en el futuro próximo los consumidores exijan un etiquetado que declare las emisiones de carbono producidas, y que el eco-etiquetado conduzca gradualmente al descenso de la demanda de productos energéticamente costosos como el camarón y el salmón. Este escenario no es irreal y podrían observarse repercusiones socioeconómicas significativas en los países productores y en el extremo alto del mercado de la producción y elaboración de productos de la acuicultura, que se dirige a un público selecto. Por el lado positivo, en cambio, podría darse un regreso, en particular en el caso del camarón, a especies nativas tales como el camarón tigre (*Penaeus monodon*) que se cultivarían con arreglo prácticas de ordenación mejoradas con menor costo de energía.

El aumento de la incidencia en la acuicultura de enfermedades debidas al cambio climático tendrá grandes impactos sociales en los pequeños productores y en otros trabajadores del sector. En la actualidad esta situación se observa en industria del cultivo del salmón en Chile, que ha sido muy afectada por el virus de la anemia infecciosa del salmón, aunque la enfermedad no ha sido relacionada hasta ahora con el cambio climático. A causa de la enfermedad, el desempleo ha aumentado drásticamente en todos los niveles de esta industria, desde los trabajadores hasta el sector de los servicios, con fuertes repercusiones en la economía local.