

COMENTARIO

Riesgos de la introducción de tilapias (*Oreochromis* sp.) (Perciformes: Cichlidae) en ecosistemas acuáticos de Chile

Risks of the introduction of tilapia (*Oreochromis* sp.) (Perciformes: Cichlidae) in aquatic ecosystems of Chile

JULIO E. PÉREZ¹, CARLOS MUÑOZ², LAURA HUAQUÍN³ & MAURO NIRCHIO⁴

¹Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela;
e-mail: jeperezr@yahoo.com

²Departamento de Ciencias del Mar, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile;
e-mail: c.munoz@unap.cl

³Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Santiago, Chile;
e-mail: lhuaquin@abello.dic.uchile.cl

⁴Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela;
e-mail: mnirchio@cantv.net

RESUMEN

Se hace un llamado de alerta ante la posible introducción de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.) a Chile, con fines de cultivo. Se analizan los llamados cultivos monosexuales (solo machos), señalados como la solución para impedir la reproducción no deseada, que evitaría riesgos para la biodiversidad y se demuestra la falsedad de este argumento. Énfasis especial se da a los cultivos de tilapia en áreas marinas. Los peligros para la biodiversidad, son resaltados.

Palabras clave: tilapias, cultivos monosexuales, biodiversidad.

ABSTRACT

A call of attention is made over the possible introduction of red tilapia (*Oreochromis* sp.) for aquaculture in Chile. The so-called monosex (all male) culture, considered by some as the solution for unwanted reproduction and for avoiding risks for biodiversity, are analyzed, and the falsehood of this argument is demonstrated. Special emphasis is given to the tilapia culture in marine areas. Threats to biodiversity are stressed.

Key words: tilapia, monosex cultures, biodiversity.

INTRODUCCIÓN

Los peces dulceacuícolas chilenos constituyen un grupo pequeño de especies, en su mayoría de escasa masa muscular para fines alimenticios y poco vistosos como peces ornamentales. Sin embargo, esta fauna pobre en cuanto a número de especies tiene una gran importancia biológica por la existencia de grupos relictos (Arratia 1978). Pequeño (1995) indica que la mayoría de las especies son endémicas.

Campos et al. (1998) describen 46 especies de peces de agua dulce en Chile, la mayoría de las cuales se ubican, de acuerdo a las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), como Vulnerables o en Peligro de Extinción. Casos muy graves son los del tollo de agua dulce, *Diplomystes chilensis* y del siluriforme, *Nematogenys inermis* (es-

pecie que pertenece a un género monotípico y primitivo) que fueron empleadas en el pasado como una alternativa de consumo en sectores rurales (Manríquez et al. 1984¹, Huaquín 1988).

Las causas de esta grave situación radican en la modificación de los hábitat, la contaminación, la pesca exagerada y sin control, y a la introducción de especies exóticas. Según Campos et al. (1998) al menos cinco especies clasificadas como Vulnerables o en Peligro de Extinción son, por la acción de especies no nativas.

En Chile se han introducido en aguas continentales, al menos unas 23 especies ícticas

¹ MANRÍQUEZ A, M ARELLANO & LG HUAQUÍN (1984) Antecedentes ecológicos y biológicos de *Nematogenys inermis*, una especie en extinción. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura, Valdivia, Chile 5: 609-614.

(Huaquín & Manríquez 1986²). De estas, unas 15 especies han sido capaces de establecer poblaciones reproductivas (Campos et al. 1998). Ante un número tan elevado de introducciones de peces se han pronunciado autorizadas voces, como las de De Buen (1959), Arratia (1978, 1981) y Pequeño (1995). Es de destacar que en 1993 la Asociación Chilena de Ictiología solicitó la suspensión de todo tipo de introducción de especies acuáticas (Pequeño 1995).

El impacto de las especies exóticas se refleja a nivel biológico (ecológico y genético) y socioeconómico. DIAS, la base de datos sobre introducción de especies acuáticas de la FAO (www.fao.org), revela que la mayor parte de los efectos biológicos de especies introducidas han sido negativos, mientras que los impactos socioeconómicos han sido en su mayor parte positivos. Así, la introducción del salmón del Atlántico y de la trucha arco iris, en Chile, ha sido exitosa, desde el punto de vista económico, pero aun cuando el efecto sobre la fauna nativa es mayormente desconocido, existen evidencias de algunas consecuencias negativas (Soto et al. 2001, Gajardo & Laikre 2003, Pérez et al. 2003).

La alteración de los hábitat, la contaminación, la hibridación, la consanguinidad y la introducción de exóticos son actividades vinculadas a la acuicultura que conducen a la disminución de la biodiversidad en organismos acuáticos (Pérez 1996). Hemos señalado que el desarrollo de las actividades de acuicultura fundamentada en especies exóticas puede ser un problema más que una solución (Pérez et al. 2000, 2003). Es muy posible que esto ocurra con el cultivo de tilapias en Chile, el cual se realizaría en la X Región de Chile existiendo el peligro de escapes y colonización de ambientes límnicos. Debemos señalar que los escapes de las instalaciones de acuicultura son inevitables y estos organismos podrían perfectamente invadir aguas continentales. Al respecto la FAO (1997) ha señalado que: “en el caso del medio acuático, la experiencia ha demostrado que los animales rebasan fácilmente los límites de las instalaciones dedicadas a su cultivo. Por lo tanto, la introducción de organismos para actividades acuícolas debe considerarse como una introducción deliberada en un espacio natural, aun cuando el centro de cuarentena o la piscifactoría puedan ser un sistema cerrado”.

TILAPIAS

Con el nombre de “tilapias” se conoce a un grupo de peces cíclidos oriundos del continente africano. Varias especies, entre las que destacan la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), la tilapia azul (*O. aureus*), la tilapia de Mozambique (*O. mossambicus*) y algunas líneas obtenidas por hibridación interespecífica, poseen cualidades que las convierten en organismos de gran interés para la acuicultura, entre las cuales destacan: crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades, resistencia a enfermedades, carne de amplia aceptación y alta capacidad de hibridación que pudiera permitir el vigorizar caracteres deseables (Stickney 1993). Sin embargo, las mismas características que permiten justificar su cultivo aunadas a otras como la agresividad, tolerancia a amplias variaciones de salinidad, temperatura y concentraciones de oxígeno disuelto, amplitud de alternativas de alimentos, adaptabilidad ecológica, plasticidad fenotípica y sobre todo la alta eficiencia reproductiva debido al cuidado parental de huevos y de alevines, y la reproducción semipermanente y precoz, las convierten en organismos con un enorme potencial para competir exitosamente con especies nativas.

Es necesario destacar que uno de los agravantes más importantes de las especies exóticas invasoras es que al no encontrar en el nuevo ambiente sus predadores y parásitos naturales, pueden experimentar expansiones poblacionales. Por estos motivos y ante los riesgos que entraña el cultivo de tilapias debido a la posibilidad cierta de escapes eventuales desde los sitios de cultivo al medio natural, organizaciones como el International Council for the Exploration of the Seas, Environmental Protection Agency y Fish and Wildlife Service han propuesto códigos de procedimientos de manejo para mitigar los efectos devastadores de su introducción en ambientes no autóctonos (TED 2001).

BIODIVERSIDAD

Un ejemplo a considerar es la pérdida de biodiversidad íctica a consecuencia de la introducción de tilapias en Venezuela. La especie *O. mossambicus* fue introducida en 1959, cuando se liberaron en el Lago de Valencia, uno de los grandes reservorios naturales de agua dulce de nuestro continente. En la actualidad *O. mossambicus* se ha convertido en la especie dominante del Lago (Solórzano et al. 2001) y se considera que ha sido la principal causa de la extinción del aterínido *Atherinella venezuelae*. En 1964 se sembraron 800 ejemplares en la Laguna de Los Patos, en el

² HUAQUÍN LG & A MANRÍQUEZ (1986) Problemática y perspectiva de los peces nativos en aguas continentales chilenas. Segundo Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente, Talca, Chile. Versiones abreviadas, Tomo I: 132-138.

oriente venezolano, donde se produjo una reducción del número de especies de peces de 23 a 10 en apenas 12 años, pérdida atribuida en gran medida al ataque agresivo del que eran objeto larvas y juveniles de las especies locales por la población de tilapias que se había establecido en ese ecosistema (Aguilera & Carvajal 1976). Para esta fecha las tilapias habían invadido la cuenca del río Manzanares. Actualmente hemos podido constatar (Pérez et al. en prensa) el continuo avance de la tilapia *O. mossambicus*, en el río, con una mayor pérdida de la riqueza de especies ícticas. Recientemente hemos capturado en el mar individuos sexualmente maduros, algunos con alevines en la boca, claro indicio de que se han adaptado y se están reproduciendo en el medio marino.

A pesar de estas experiencias negativas, a finales de los años 80 ocurre la introducción ilegal del tetrahíbrido de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Posteriormente, la promoción del cultivo de la tilapia roja, en base a un supuesto beneficio socioeconómico, fue de tal magnitud que se instalaron numerosas granjas de cultivo (Solórzano et al. 2001). Hoy podemos afirmar que la actividad no rindió los beneficios económicos esperados, pero gran parte de los ríos y lagos de Venezuela están invadidos por este híbrido

CULTIVO DE TILAPIAS EN EL MAR

Aun cuando no son habitantes naturales de aguas marinas, las tilapias pueden aclimatarse a este medio con facilidad, reproducirse, siendo la descendencia viable (Watanabe 1991), condiciones estas que han sido explotadas para cultivar híbridos de tilapias en el mar.

En el caso de los híbridos conocidos como tilapias rojas, en los que se unen los caracteres genéticos de las diferentes especies parentales, especialmente *O. mossambicus*, con relación a su capacidad de adaptación al agua de mar, la evidencia experimental indica que si bien la sobrevivencia promedio de los alevines en agua de mar es relativamente menor que en agua dulce (Watanabe 1991), existen diferencias genéticas individuales que sugieren la posibilidad de selección para incrementar la capacidad reproductiva de los *stocks*. De producirse escapes al medio natural, el problema se vería agravado si se trata de ejemplares producidos por la reproducción de progenitores ya aclimatados al agua de mar, por cuanto dichos ejemplares constituirían una generación genéticamente seleccionada y, en consecuencia, con mayores probabilidades de adaptarse exitosamente al ecosistema marino.

Numerosas investigaciones indican el establecimiento de poblaciones reproductoras de tilapias en zonas marino costeras; mientras que en algunos casos se ha podido comprobar que compiten con especies de mayor valor económico, especialmente con mugílidos (Randall 1987).

CULTIVOS MONOSEXUALES

El cultivo de poblaciones monosexuales de tilapia ofrece la ventaja de un mejoramiento en el crecimiento (los machos crecen más rápido que las hembras). Además, algunos acuicultores consideran que el cultivo de cepas "solo machos" es la solución para evitar el problema de la reproducción no deseada y por lo tanto proteger la biodiversidad. La experiencia demuestra que esta no es una medida exenta de riesgos, sobre todo cuando las poblaciones monosexuales son obtenidas por administración de hormonas. La hormona más usada y exitosa ha sido la a-metiltestosterona, la cual, con frecuencia, es incorporada en el alimento. De manera consistente el éxito en el procedimiento difícilmente alcanza un 95 % de efectividad, es decir, con frecuencia al menos un 5 % resultan hembras. Por otra parte, la administración de hormonas en los alimentos para la reversión de sexos entraña riesgos para la salud pública de los consumidores. Asimismo, aun cuando el producto comestible esté exento de contenidos hormonales, los residuos del tratamiento van al ambiente y persisten en el sedimento por varias semanas (Tave 1995).

Otra opción para la obtención de partidas monosexuales es mediante cruces interespecíficos, entre especies de determinación sexual diferente. Por ejemplo, machos de *O. aureaus* (ZZ) x hembras de *O. niloticus* (XX), producirán machos híbridos (XZ), aun cuando pueden presentarse hembras, ya sea por la no pureza de las especies o por la presencia de factores autosómicos modificadores del sexo. Es de destacar que la determinación sexual en tilapias y en general en peces, puede comprender sistemas monogénicos o poligénicos, con factores localizados en autosomas o en cromosomas sexuales (Devlin & Nagahama 2002).

La opción más segura para la producción de poblaciones "100 % machos" es la obtención de supermachos. El procedimiento consiste en la administración de estrógenos a machos genéticos (XY), a fin de obtener hembras funcionales (XY), que al ser apareadas con machos normales (XY) producen una descendencia constituida por machos XY (50 %), hembras XX (25 %)

y supermachos (YY). El apareamiento de esos supermachos YY con hembras normales XX producirá descendencia 100 % machos XY (Pérez 1996). Aun cuando el producir supermachos requiere de la identificación y verificación mediante cruzamientos y el proceso puede tomar mucho tiempo, lo que se traduce en un incremento de los costos, esta tecnología se está imponiendo a nivel comercial (McVeigh 2003).

CONSIDERACIONES LEGALES

Las bases legales que rigen la introducción de especies hidrobiológicas en Chile están contenidas en la Ley General de Pesca y Acuicultura de 1992, Decreto Supremo N° 430 (Chile 2003a), en sus artículos 11, 12 y 13. La Ley 19.300 de 1994, contiene las disposiciones legales que rigen la administración ambiental chilena, complementados con el Decreto Supremo (DS) N° 93 y 94 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia sobre "Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y Emisión" del 26 de octubre de 1995 y el "Procedimiento para la elaboración de planes de prevención y de descontaminación, el N° 30 del 3 de abril de 1997, el N° 131, "modifica reglamento del sistema de impacto ambiental" del 2 de septiembre de 1998 (Chile 2003b). Por último, el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (www.subpesca.cl) contempla regulaciones para prevenir, corregir y mitigar las consecuencias de escapes de peces exóticos debido a actividades de la acuicultura.

CONSIDERACIONES FINALES

Sin desconocer que el cultivo de tilapias puede ser una alternativa de producción de proteína de alta calidad, que además contribuya con el desarrollo económico del país, estamos persuadidos que los interesados en cultivar estos peces deben demostrar, mediante estudios supervisados, que la actividad no constituye un peligro para la biodiversidad. Aun cuando se podría argumentar que la temperatura de las aguas no serían óptimas para su reproducción y colonización, no es menos cierta la posibilidad de desarrollar cepas resistentes al frío, mediante selección (Tave 1990, Dan & Little 2000) o transgénesis, aunque hasta ahora no existen logros significativos para mejorar la tolerancia al frío en ninguna especie de peces (Maclean 2003). Si la introducción de estos organismos es aprobada, es urgente el desarrollar medidas

de prevención y control, ante los inevitables escapes de estos peces.

AGRADECIMIENTOS

Nuestra gratitud a un revisor anónimo cuyo aporte mejoró en gran medida este trabajo.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA L & J CARVAJAL (1976) La ictiofauna del complejo hidrográfico Río Manzanares, Estado Sucre, Venezuela. *Lagena* (Venezuela) 37-38: 23-25.
- ARRATIA G (1978) Comentario sobre la introducción de peces exóticos en aguas continentales de Chile. *Ciencias Forestales* (Chile) 1: 21-30.
- ARRATIA G (1981) Géneros de peces de aguas continentales de Chile. *Publicación Ocasional N° 34 del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.*
- CAMPOS H, G DAZAROLA, B DYER, L FUENTES, JF GAVILÁN, LG HUAQUIN, M GINGER, R MELÉNDEZ, G PEQUEÑO, F PONCE, VH RUIZ, W SIEFELD, D SOTO, R VEGA & L VILA (1998) Categorías de conservación de peces nativos de aguas continentales de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* (Chile) 47: 101-122.
- CHILE (2003a) Ley de pesca y acuicultura reglamentada. Ediciones Publiley, Registro N° 80.379. Editora Jurídica Manuel Montt S.A., Santiago, Chile. 272 pp.
- CHILE (2003b) Reglamento de impacto ambiental. Ediciones Publiley, Registro N° 94.652. Editora Jurídica Manuel Montt S.A., Santiago, Chile. 95pp.
- DAN NC & DC LITTLE (2000) Overwintering performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) broodfish and seed at ambient temperatures in northern Vietnam. *Aquaculture Research* 31: 485-493.
- DE BUEN F (1959) Los peces exóticos en las aguas dulces de Chile. *Investigaciones Zoológicas Chilenas* 5: 103-137.
- DEVLIN RH & Y NAGAHAMA (2002) Sex determination and sex differentiation in Fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture* 208: 191-364.
- FAO (1997) Orientaciones técnicas para la pesca responsable. N° 2. Roma, Italia. 64 pp.
- GAJARDO G & L LAIKRE (2003) Chilean aquaculture boom is based on exotic salmon resources: a conservation paradox. *Conservation Biology* 17: 1173-1174.
- HUAQUÍN LG (1988) El tollo de agua dulce en vías de extinción. *Creces* (Chile) 3: 52-57.
- MACLEAN N (2003) Genetically modified fish and their effects on food quality and human health and nutrition. *Trends in Food Science & Technology* 14: 242-252.
- MCVEIGH S (2003) Super tilapia now produced in South Africa. *Fish Farmer* (USA) 26: 31.
- PEQUEÑO G (1995) Peces. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds) *Diversidad Biológica de Chile*: 302-313. Comité Nacional de Diversidad Biológica, Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Santiago, Chile
- PÉREZ JE (1996) Mejoramiento genético en acuicultura. Editorial Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 178 pp.

- PÉREZ JE, M NIRCHIO & JA GÓMEZ (2000) Aquaculture: part of the problem, not a solution. *Nature* 408: 514.
- PÉREZ JE, C ALFONSI, M NIRCHIO, C MUÑOZ & JA GÓMEZ (2003) The Introduction of exotic species in aquaculture: a solution or part of the problem. *Interciencia* 28: 234-238.
- PÉREZ JE, S SALAZAR, C ALFONSI & L RUIZ (en prensa) Ictiofauna del Río Manzanares: A cuatro décadas de la introducción de *Oreochromis mossambicus*. Boletín del Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Venezuela.
- RANDALL JE (1987) Introductions of marine fishes to the Hawaiian Islands. *Bulletin of Marine Science* 41: 490-502.
- SOLÓRZANO E, C MARCANO-CHIRGUITA, A QUIJADA & M CAMPO (2001) Impacto ecosistémico de las tilapias introducidas en Venezuela. En: Ojasti J, E González-Jiménez, E Szeplaki-Otahola & LB García-Román (eds) Informe sobre las especies exóticas en Venezuela: 194-199. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Editorial Tipodin, Caracas, Venezuela.
- SOTO DF, F JARA & C MORENO (2001) Escaped salmon in the Chiloé and Aysen inner seas, southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecological Applications* 11: 1750-1762.
- STICKNEY RR (1993) Tilapia. En: Stickney RR (ed) Culture of non-salmonid freshwater fishes: 81-115. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- TAVE D (1990) Cold tolerance on tilapia. *Aquaculture Magazine (USA)* 16: 86-89.
- TAVE D (1995) Production of all male *Tilapia aurea* by sex-reversed broodstock. *Aquaculture Magazine (USA)* 21: 78-80.
- TED (Trade and Environment Database) (2001) Tilapia and the environment. www.american.edu/ted/TILAPIA.HTM
- WATANABE WO (1991) Saltwater culture of tilapia in the Caribbean. *World Aquaculture* 22: 49-54.

Editor Asociado: Patricio Ojeda

Recibido el 15 de septiembre de 2003; aceptado el 18 de diciembre de 2003