

COMENTARIOS

Presentado: 28/06/2019
Aceptado: 02/09/2019
Publicado online: 16/12/2019

Correspondencia:

* Autor de correspondencia

Janeth Jacome: ing.jacomegomez@gmail.com
César Quezada Abad: cquezada@utmachala.edu.ec
Omar Sánchez R.: osanchez@utmachala.edu.ec
Julio Eduardo Pérez: jeperez@yahoo.com
Mauro Nirchio: manirchio@utmachala.edu.ec
Mauro Nirchio: mauro.nirchio@gmail.com

Otros datos de los autores / biografía:

ORCID Janeth Jacome: 0000-0001-7023-5911
ORCID Cesar Quezada A.: 0000-0001-9877-3084
ORCID Omar Sánchez R.: 0000-0003-1381-3222
ORCID Julio Eduardo Pérez: 0000-0002-5163-6389
ORCID Mauro Nirchio: 0000-0001-7171-2433

Citación:

Jácome J., C. Quezada Abad, O. Sánchez Romero, J.E. Pérez & M. Nirchio. 2019. Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista peruana de biología* 26(4): 543 - 550 (Diciembre 2019). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>

Palabras clave: Oreochromis; acuicultura; especies invasoras; Ecuador.

Keywords: Oreochromis; aquaculture; invasive species; Ecuador.

Tilapia in Ecuador: paradox between aquaculture production and the protection of Ecuadorian biodiversity

Janeth Jácome^{ab}, César Quezada Abad^c, Omar Sánchez Romero^c,
Julio Eduardo Pérez^d y Mauro Nirchio^{*c}

a Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, Facultad de Ingeniería Agropecuaria, Ecuador.

b Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias, Venezuela.

c Universidad Técnica de Machala, Ecuador

d Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Venezuela

Resumen

La tilapia es un pez dulceacuícola originario del África que posee muchas características que la convierten en un excelente pez para acuicultura, pero también es considerada como una de las especies exóticas invasoras más peligrosas del mundo debido a su adaptabilidad y potencial reproductivo. En este ensayo se analiza el dilema entre las bondades de estos peces como alternativa para contribuir con la seguridad agroalimentaria y la amenaza que representa para la biodiversidad acuática de Ecuador. La ausencia de información oficial hace necesario investigar el efecto de las invasiones por tilapia en los ríos, lagunas y esteros colonizados por esta especie. El nivel de acción para prevenir, erradicar o controlar la tilapia en Ecuador ha sido muy limitado y por lo tanto se impone la necesidad de establecer estrategias para evitar su propagación hacia áreas aún no invadidas. Aunque el gobierno de Ecuador posee regulaciones que restringen la introducción de especies exóticas, la realidad es que, en el caso de la tilapia, lejos de establecer controles adecuados, el cultivo de estos peces es impulsado sin mayores objeciones. Se discute la posibilidad de adoptar estrategias de control biológico para erradicar y/o mitigar las consecuencias de la invasión por tilapias en el país y la necesidad de fomentar campañas educativas para crear un nuevo comportamiento ambiental, conciencia y responsabilidad en la sociedad.

Abstract

Tilapia is a freshwater fish native to Africa that has many characteristics that make it an excellent fish for aquaculture, but it is also considered one of the most dangerous invasive exotic species in the world due to its adaptability and reproductive potential. This essay analyzes the dilemma between the benefits of these fish as an alternative to contribute to agrifood security and the threat it poses to Ecuador's aquatic biodiversity. The absence of official information makes it necessary to investigate the effect of the invasions by tilapia in the rivers, lagoons and estuaries colonized by this species. The level of action to prevent, eradicate or control the tilapia in Ecuador has been very limited and therefore the need to establish strategies to prevent its spread to areas not yet invaded is imposed. Although the government of Ecuador has regulations that restrict the introduction of exotic species, the reality is that, in the case of the tilapia, far from establishing adequate controls, the culture of these fish is promoted without major objections. The possibility of adopting biocontrol strategies to eradicate and / or mitigate the consequences of the invasion by tilapia in the country and the need to promote educational campaigns to create a new environmental behavior, conscience and responsibility in society is discussed.

Introducción

Las tilapias pertenecen a la familia Cichlidae y se clasifican en tres géneros que se diferencian según los patrones de cuidado parental. Las especies de *Tilapia* depositan sus huevos en nidos excavados en el sedimento que se adhieren al sustrato y son protegidos por ambos padres hasta que los juveniles puedan valerse por sí mismos; en el género *Oreochromis* las hembras incuban los huevos en la boca y en las especies del género *Sarotherodon* la incubación bucal es paterna o biparental (Canónico et al. 2005, Tran et al. 2011, Trewavas 1983).

Estos peces de origen africano fueron introducidos en muchas regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo durante la segunda mitad del siglo XX con el propósito de contar con una fuente de proteína sostenible, barata y de alta calidad para satisfacer la demanda impulsada por el continuo aumento en la población humana, así como también para pesca recreativa, control de malezas acuáticas e investigación (El-Sayed 2006).

Algunas especies del género *Oreochromis* (*O. niloticus*, *O. aureus*, *O. mossambicus*) y sus híbridos interespecíficos (tilapia roja) son muy convenientes como organismos de cultivo porque toleran altas densidades, son de rápido crecimiento, resistentes a las enfermedades, fácilmente adaptables al cautiverio, aceptan dietas de alimentación balanceada, la carne es de buena calidad y precio asequible, por lo que se han convertido en uno de los rubros de acuicultura más comercializados en el mercado internacional como producto completo o filetes (Watanabe et al. 2002, El-Sayed 2006, Boyd et al. 2005, Teichert-Coddington et al. 1997). Si bien esos atributos la convierten en un organismo adecuado para la acuicultura, la amplia tolerancia a las condiciones ambientales adversas, la adaptabilidad trófica, la reproducción prolífica y el cuidado parental, le confieren a las tilapia una ventaja competitiva que les ha permitido expandirse en ambientes no nativos, ya que en el ecosistema receptor no tienen depredadores naturales ni parásitos y perturban a las poblaciones de peces nativos debido a la competencia por recursos, depredación, modificación del hábitat, alteraciones de la calidad del agua, hibridación y por la introducción de parásitos y enfermedades (Morgan et al. 2004, Stickney 1992, Arthington 1991, Canónico et al. 2005).

Las tilapias son consideradas como una de las especies invasoras más peligrosas del mundo (Lawson et al. 2015) y se han establecido con éxito en casi todas las regiones en las que han sido introducidas (Russell et al. 2012). En la base de datos de la *Invasive Species Specialist Group* (*Invasive Species Specialist Group* -ISSG- 2018) figuran como una de las 100 especies más dañinas. Sin embargo, lejos de ser controlado, su cultivo se ha extendido en todo el mundo y, en algunos países las tilapias han sido excluidas de la lista negra de especies invasoras con el argumento de que sustentan economías locales y son de interés nacional para el fortalecimiento de la seguridad agro-alimentaria o para actividades industriales de gran escala (CONAP 2011) lo que denota una paradoja entre el interés por aumentar la producción acuícola y la protección de la biodiversidad.

Modelos teóricos sobre su distribución potencial basados en el estudio de nichos ecológicos, han predicho que todas las especies de tilapia tienen un alto potencial invasivo en las Américas siendo América del Sur y Central las localidades más susceptibles de sufrir consecuencias para la fauna acuática nativa, particularmente en aquellas regiones que poseen una gran diversidad biológica como la cuenca del Amazonas y el área central de México (Zambrano et al. 2006, Cassemiro et al. 2018). De hecho, la introducción de *O. niloticus* y *O. mossambicus* en algunas cuencas hidrográficas del sureste de México ha sido asociada con el desplazamiento total o parcial de 19 especies nativas (al menos seis de ellas endémicas) en los estados mexicanos de Yucatán, Quintana Roo, Campeche y Tabasco (Amador-del Ángel & Wakida-Kusunoki 2014), así como también con la extinción de *Cyprinodon simus* y el declive de otros ciprinodontidos endémicos en la laguna de Chichancanab en Quintana Roo (Strecker 2006). Además, también se ha reportado una asociación entre las capturas de tilapia de los pescadores con una disminución de peces nativos en países como Brasil (Bittencourt et al. 2015), Colombia (Caraballo 2009), Nicaragua (McCrary et al. 2007), Puerto Rico (Burger et al. 1992), Venezuela (Nirchio & Pérez 2002).

Existen pruebas experimentales diseñadas para evaluar el impacto sobre el pez luna (*Lepomis miniatus*) autóctono de los estuarios del Golfo de México, por la liberación no intencionada de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) desde las estaciones de acuicultura. Se han observado evidencias que indican que las tilapias prefieren el mismo hábitat estructurado que prefiere el pez nativo y como el pez luna es desplazado de sus hábitats preferidos por la tilapia (Martin et al. 2010). Aunada a la capacidad de la tilapia para erosionar la biodiversidad de los hábitat que coloniza, también es necesario tener en cuenta que los peces desempeñan un papel importante en el rápido reciclaje de nutrientes en los ecosistemas acuáticos tropicales y, por lo tanto, la extinción de especies autóctonas podría tener serias consecuencias en la productividad del ecosistema y poner en peligro las pesquerías tropicales de agua dulce (McIntyre et al. 2007).

Aun con el conocimiento sobre los efectos negativos de la tilapia para la biodiversidad en aquellas regiones donde se ha tornado invasiva, la información sobre la introducción de estos peces en Ecuador y sus consecuencias es sorprendentemente limitada y hasta el momento no se ha intentado documentar este problema, por lo que resulta difícil evaluar el daño que ha generado la tilapia a la biodiversidad ecuatoriana. Además, se puede constatar la promoción del cultivo de tilapia en las comunidades de todo el país al revisar los sitios Web de organismos gubernamentales de Ecuador como el Ministerio de Acuicultura y Pesca (MAP) (<http://www.acuaculturaraypesca.gob.ec/subpesca1285-piscicultores-de-el-oro-reciben-ayuda-tecnica-del-magap.html>) o el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (<https://www.agricultura.gob.ec/el-mag-tambien-apunta-a-los-cultivos-no-tradicionales-como-la-tilapia/>). En estas páginas no se informa a los beneficiarios de estas iniciativas gubernamentales del riesgo del escape de tilapias, ni se exige

la adopción de medidas de seguridad, o menciona la supervisión estos cultivos.

Introducción de la tilapia en Ecuador

Aunque no se conoce con precisión la fecha de ingreso de la tilapia en Ecuador, se ha mencionado que *O. mossambicus* fue introducida en 1965 desde Colombia en Santo Domingo de los Tsáchilas; *O. niloticus* fue introducido por agricultores privados de Brasil en 1974 y el híbrido rojo (*Oreochromis* sp.) a principios de los años 80 (Zambrano et al. 2006). Se ha mencionado que *Oreochromis* sp. fue introducida para las prácticas de acuicultura y se estableció en el río Chone, ubicado en la Provincia de Manabí desde donde invadió las estructuras artesanales conocidas como "chameras", donde se realiza la cría y pesquería tradicional de *Dormitator latifrons*, una especie nativa conocida como "chame" que es parte importante de la dieta regular de la población (Welcomme 1988). También se ha señalado que en el humedal Abras de Mantequilla ubicado en la cuenca alta del río Guayas, sector centro occidental de la provincia de Los Ríos, en la región costera del Ecuador, hasta el año 1993 el chame se encontraba presente con otras especies típicas como la "Dica" (*Pseudocurimata*), "Bocachico" (*Ichthyoelephas*), "Dama" (*Brycon* spp.), "Vieja Azul" (*Andinoacara*), "Vieja Colorada" (*Cichlasoma*), "Guanchiche" (*Hoplias*), "Guaija" (*Lebiasina*), "Raspabalsa2" (*Loricariidae*), "Cachuela" (*Bryconamericus*), "Ratón" (*Leporinus*). En una investigación realizada por intermedio de la Subsecretaría de Gestión Ambiental Costera, en el año 2005, se reportó la desaparición de *D. latifrons* y la abundante presencia de *Oreochromis* sp. y el crustáceo introducido *Cherax quadricarinatus* (Ortega-Granda 2016).

Impacto ecológico y económico.

El cultivo de tilapia en Ecuador fue estimulado en el año 1999 debido al colapso de la industria del camarón por la aparición de la enfermedad causada por el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV, por sus siglas en inglés), que surgió a nivel mundial como uno de los patógenos más comunes, frecuentes y letales para poblaciones del camarón (Alvarado et al. 2016). Este evento condujo a muchos empresarios a orientar la producción acuícola hacia la tilapia debido a la demanda en el mercado interno, así como a los excelentes precios del producto fileteado en el mercado norteamericano (Fitzsimmons 2000, Watanabe et al. 2002), pero este impulso en la producción de tilapia ha venido disminuyendo anualmente a causa de la recuperación de la industria camaronera y al mejor precio del camarón en el mercado internacional. De hecho, según las estadísticas anuales de exportación de tilapia a los Estados Unidos que registra la Cámara Nacional de Acuicultura, Ecuador pasó de exportar 21731 libras en 1993, a un máximo de 27.315.395 libras en 2007, convirtiéndose así en el tercer país productor del mundo y el primero en América Latina, pero, desde entonces la producción ha venido disminuyendo paulatinamente hasta 1.835.184 libras en el año 2018 (<http://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>).

Una revisión del impacto ecológico de las especies de peces de agua dulce no nativas en todo el mundo entre

1999 y 2009 (Cucherousset & Olden 2011) revela dos realidades: 1) los peces de agua dulce se han introducido en prácticamente todos los ecosistemas a nivel mundial y muchos (si no la mayoría) de estas poblaciones nunca han sido erradicadas. 2) Incluso con las mejores estrategias de prevención y voluntad política, inevitablemente se producen introducciones de especies de peces no nativas. Estas realidades nunca fueron tomadas en consideración cuando se introdujo la tilapia en Ecuador y hoy en día, las tilapias ya se han establecido y extendido a muchos ecosistemas del país (Barriga 2015).

Teniendo en cuenta que el escape de peces desde las instalaciones donde son cultivados no puede ser prevenido (Diana 2009, Vicente & Fonseca-Alves 2013) y considerando el impacto, mundialmente documentado, causado por la introducción de tilapia en ecosistemas donde antes no existían, resulta justificada la preocupación por las probables consecuencias de los escapes ocurridos desde las instalaciones de acuicultura a las cuencas fluviales y ambientes salobres naturales en Ecuador, aún más cuando muchas especies nativas de los ríos y esteros ecuatorianos son endémicas y probablemente no puedan competir con las ventajas ecológicas de la tilapia. De hecho, en el río Guayas, sus afluentes y muchas otras cuencas de Ecuador, así como en los estuarios y canales alimentados con agua de mar que sirven como reservorios en las granjas camaroneras, es común observar tilapias de todos los tamaños, una señal de que las poblaciones establecidas se encuentran reproduciéndose.

Para conocer la percepción de los pescadores artesanales de la comunidad que dependen de la disponibilidad de especies locales para su subsistencia o como un medio para obtener dinero de la venta de la pesca, se diseñó una entrevista estructurada, en cuatro categorías (Presencia y abundancia en zonas de pesca; Tasa de pesca; Valoración de riesgo; Preferencia de consumo) que fue aplicada a un grupo de 39 personas con edades comprendidas entre 16 y 76 años. La respuesta obtenida en todas las entrevistas fue que "a las tilapias se las pesca en Esteros, Ríos y Camaroneras y que las especies locales ya no abundan como antes ...". Ante la interrogante sobre cuál es el porcentaje de tilapia que pescan comúnmente en sus faenas, el 78% de los encuestados indicó que era del 50 al 80% de la captura corresponde a tilapia. Cuando se les preguntó si consideraban a la tilapia perjudicial o beneficiosa, un 64% respondió que era beneficiosa debido a que es una fuente constante de alimento, contra un 31% que la consideró perjudicial. El 69% de los encuestados indicó que preferían comer tilapia contra un 23% que prefería a los peces autóctonos. Esto sugiere la falta de conciencia sobre la pérdida de biodiversidad causada por la tilapia, ya que se privilegia su uso comercial y su disponibilidad para el consumo.

Un aspecto aún no evaluado es la presencia de tilapias en los reservorios de agua que surten los estanques de las instalaciones de cultivo y que se encuentran plagados de adultos y alevines provenientes de los canales conectados a los estuarios desde donde se surte de agua a las instalaciones de cultivo de camarón. Aunque, algu-

nos pescadores artesanales aprovechan estos peces en sus faenas de pesca con redes y atarrayas y los venden en los mercados locales (observación personal, noviembre de 2018), los alevines de tilapia entran desde los reservorios a los estanques de cultivo donde se desarrollan durante el ciclo de engorde del camarón (tres meses) aprovechando el alimento balanceado y ocasionando pérdidas económicas que no son cuantificadas. La presencia de tilapia en los estanques de cultivo de camarón también impone un esfuerzo adicional en el momento de la cosecha, ya que los trabajadores deben separarlas manualmente de los camarones. Aunque las tilapias de mayor tamaño son aprovechadas por el personal de las camaroneras, se produce una pérdida innecesaria de proteínas porque las de tamaño pequeño se descartan sin ningún uso.

Otra posibilidad que no debe ser desestimada es la transmisión de nuevos patógenos y enfermedades desde las tilapias cultivadas a otros cíclidos endémicos en el caso que ocurran fugas desde las instalaciones de cultivo (Daszak et al. 2001). Por ejemplo, se ha observado un iridovirus sistémico en *Oreochromis* spp. con signos clásicos de septicemia, coloración oscura, letargo, eritema, branquias, exoftalmia y ascitis (McGrogan et al. 1998) y se ha detectado una infección muy similar a la del iridovirus en otro cíclido, *Etroplus maculatus* (Armstrong & Ferguson 1989). Por lo tanto, existe el riesgo de amplificación de patógenos y / o parásitos en las granjas acuícolas y su posterior retransmisión a las poblaciones de peces silvestres en el ecosistema circundante por las tilapias que traspasan los límites de confinamiento. De hecho, la presencia del iridovirus TiLV (por las siglas en inglés Tilapia Lake Virus), fue reportada recientemente en Ecuador causando alarma (<http://www.fao.org/news/story/en/item/889476/icode/>).

Métodos de control

Los métodos para controlar la tilapia incluyen la recolección periódica de alevines; uso de agentes tóxicos para peces, cultivo de peces de un solo sexo obtenido mediante sexaje manual, hibridación, reversión hormonal, control biológico y métodos de manipulación genética como androgénesis, ginogénesis, poliploidía y transgénesis (Fortes 2005, Russell et al. 2012).

Si se detecta poco después del establecimiento o si el área invadida es pequeña y la población objetivo está cerrada, el uso de biocidas, la eliminación física, las barreras y la modificación ambiental pueden usarse con éxito. De hecho, fue el caso de una población de *O. mossambicus* descubierta en 2006 en la laguna El Junco en la isla San Cristóbal, un reservorio de agua dulce del archipiélago de Galápagos ubicado a 1.050 km al oeste de la costa ecuatoriana (Jiménez-Uzcátegui et al. 2006, McCosker & Rosenblatt 2010, Nico & Walsh 2011, Schüttler & Karez 2008, Toral-Granda et al. 2017). Según Crespo (Crespo 2015), "...esta invasión se dio porque un poblador de la isla decidió empezar a criar tilapia en una piscina de su propiedad y al fracasar liberó a los peces en la laguna."

Aunque no existen peces nativos de agua dulce en esa

laguna, la tilapia es omnívora y consume vegetación acuática e invertebrados y este hábitat es importante para los invertebrados nativos (<http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/5499/>). Al momento de iniciar las operaciones de erradicación por parte del personal del Parque Nacional Galápagos, la situación era tan crítica que las tilapias más grandes se comían a las pequeñas debido a la falta de alimento. Para eliminar aproximadamente 40000 tilapias, se requirió aplicar Rotenona (Nico & Walsh 2011), un ictiocida altamente tóxica para los peces debido a su eficacia para interrumpir el transporte de electrones mitocondriales, lo que dificulta la utilización de oxígeno en el proceso respiratorio de los organismos (Ling 2003, Morrison 1994). Aunque en este caso no se observó un efecto de la rotenona sobre los insectos, con la excepción de las larvas de Díptera (*Chironomidae*), sí lo hizo con los crustáceos (*Amphipoda*). Por lo tanto, para mitigar el efecto negativo en las poblaciones de invertebrados susceptibles antes de la aplicación de Rotenona en esta laguna, los invertebrados acuáticos fueron recolectados y almacenados en tanques de refugio cercanos y luego introducidos de nuevo en la laguna (Nico et al. 2008). Desafortunadamente, en la parte continental de Ecuador, la tilapia se ha convertido en una plaga en muchos ríos, canales de riego de diversas plantaciones y en ambientes estuarinos y marinos donde prolifera con éxito sin ningún tipo de control (CITA).

Para enfrentar especies invasoras convertidas en plagas y ampliamente distribuidas, las únicas opciones realistas hasta la fecha han sido el control biológico clásico o introducción secundaria de especies, el uso de elementos genéticos para aumentar las cargas de mutación o las relaciones sexuales sesgadas, la introducción de genes de fatalidad inducible, los organismos transgénicos y la liberación de poblaciones masculinas estériles, pero ninguno de ellos está potencialmente libre de inconvenientes porque una vez liberado, el agente introducido puede propagarse sin control en la población de acogida o en el ecosistema con efectos peligrosos potencialmente irreversibles (Cotton & Wedekind 2007).

Un método prometedor para erradicar o reducir la población de especies invasoras sin afectar a los organismos nativos podría ser la introducción repetida de individuos portadores de los llamados Cromosomas Sexuales Troyanos (TSC) (Cotton & Wedekind 2007, Gutierrez & Teem 2006, Stelkens & Wedekind 2010, Thresher et al. 2014). En *O. niloticus* la hembra es el sexo homogamético (XX) y el macho el heterogamético (XY) (Baroiller et al. 2009, Cnaani et al. 2008). Es posible producir hembras YY utilizando una combinación de técnicas de reproducción selectiva y tratamientos con estrógenos durante el desarrollo temprano en *O. niloticus* (Mair et al. 1997, Martínez et al. 2014). La liberación de estas hembras YY en una población invasora para aparearse con machos XY normales es, por lo tanto, una alternativa factible para obtener progenies constituidas solo por machos XY y YY. La presencia de machos YY en las generaciones posteriores, más la introducción repetida de hembras revertidas YY, producirá descendencia compuestas sólo por machos XY (cuando se apareen con una

hembra XX) o todos machos YY (cuando se cruzan con hembras funcionales YY introducidas) causando un sesgo cada vez mayor en la proporción de sexos hacia los machos y un número decreciente de hembras verdaderas (XX) (Cotton & Wedekind 2007). En teoría, la liberación a intervalos de tiempo regulares de hembras funcionales YY revertidas hormonalmente en una proporción de 3.2% del tamaño de la población invasora debería ser suficiente para producir eventualmente su colapso (Senior et al. 2013, Gutierrez & Teem 2006). Incluso si resulta imposible eliminar totalmente la tilapia de las áreas invadidas, esta estrategia podría mantener los tamaños de sus poblaciones en niveles aceptables para minimizar el riesgo para las especies nativas. Con la infraestructura que existe en las empresas dedicadas al cultivo de tilapia en Ecuador en las que el protocolo de reversión hormonal para obtener poblaciones monosexuales masculinas es una tarea rutinaria y con el apoyo de la comunidad académica de sus universidades, esa estrategia de control biológico podría ser factible de ser explorada.

Sustitución de especies exóticas por autóctonas

Mitigar la dependencia de especies exóticas para minimizar los posibles impactos negativos en la biodiversidad, es una tarea imperativa para un futuro sostenible de la acuicultura (Silva et al. 2009). Es un hecho que la distribución geográfica natural de las especies de peces de agua dulce limita la disponibilidad de especies para la acuicultura. Se requiere que las especies de peces aptas para la acuicultura tengan características, como una tasa de crecimiento rápido y una buena eficiencia de conversión de alimento, entre otras, y la tilapia ha demostrado cumplir con esa característica. Sin embargo, resulta paradójico depender de una especie exótica, especialmente en países como Ecuador con una ictiofauna de agua dulce muy diversa, lo que hace que no sea imposible encontrar candidatos con características adecuadas para la acuicultura. Quizás lo más importante, independientemente de si la cría de tilapia se ha convertido en una práctica comercialmente exitosa basada en paquetes tecnológicos altamente eficientes y económicamente rentables, es promover el uso de peces nativos mediante el desarrollo de tecnologías eficientes y la oferta de opciones rentables a los productores con especies que no representan un riesgo para el medio ambiente y su biodiversidad. De hecho, estudios preliminares han demostrado que las especies de peces ecuatorianos como el chame o dormilón (*D. latifrons*) y el bocachico (*I. humeralis*) podrían ser buenos candidatos como especies para el cultivo de peces (Eco-Costas 2006, Zambrano 2011, Zambrano Santana 2014).

A modo de conclusión

Aun cuando la introducción de la tilapia en Ecuador ha beneficiado económicamente a los sectores dedicados a su cultivo y las comunidades rurales perciben a estos peces como una alternativa que garantiza su seguridad agroalimentaria, no menos cierto es que los escapes ya sea por causas accidentales o deliberada, ha generado invasiones importantes que están ocasionando efectos nocivos sobre la biodiversidad nativa. El presente ensayo no argumenta en contra del cultivo de tilapia, pero sí

se debe estar alerta con las prácticas que no contemplen medidas de seguridad para evitar las consecuencias de escapes. Por lo tanto, es necesario crear códigos de procedimientos de manejo responsable y diseñar estrategias para mitigar los efectos perturbadores del establecimiento de esta especie invasora en ambientes naturales, promoviendo el desarrollo de protocolos de remediación y la capacitación de personal especializado para crear y/o adaptar métodos de erradicación y control de las tilapias.

Ecuador forma parte de los países que suscriben el Convenio de Diversidad Biológica y, a través del Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), su gobierno se encuentra al tanto del compromiso adoptado en la Décima Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) en el que fue suscrito el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011 – 2020 (Decisión VIX / 26) (<http://inabio.biodiversidad.gob.ec/vi-informe-nacional-de-biodiversidad/>). Uno de los cuatro puntos de la Estrategia Nacional para la Biodiversidad establece “Fortalecer la gestión de los conocimientos y las capacidades nacionales que promuevan la innovación en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos” teniendo previsto que para el 2021, el Ecuador deberá haber implementado la Agenda Nacional de Investigaciones, con la participación de los sectores académicos, públicos, privados, pueblos y nacionalidades. Por un lado, sería recomendable que las autoridades gubernamentales promuevan la búsqueda de alternativas de financiamiento para apoyar la investigación científica en las universidades con el fin de enfrentar el problema que ha generado la Tilapia en el país. Por otro lado, es un hecho que la sociedad ecuatoriana, en general, desconoce el problema asociado con la introducción de peces no nativos y por lo tanto es esencial educar a las personas sobre este tema implementando campañas educativas desde los niveles escolares para crear conciencia en la sociedad, no solo sobre los peligros de la tilapia sino también de otras especies exóticas invasoras que puedan ser introducidas.

Implementar medidas para controlar la propagación de la tilapia en los ecosistemas ecuatorianos implica realizar importantes inversiones por parte del Estado y del sector privado dedicado a la acuicultura. Sin embargo, el gasto requerido siempre será menor al incalculable valor que la biodiversidad representa por los beneficios que ella aporta a la humanidad.

Literatura citada

- Alvarado J.L., W. Ruíz, & E. Moncayo. 2016. Offshore Aquaculture Development in Ecuador. *International Journal of Research and Education* 1: 1.6. doi: <http://dx.doi.org/10.19239/ijrev1n1p1>
- Amador-del Ángel L.E., & A.T. Wakida-Kusunoki. 2014. Peces invasores en el sureste de México. Pp. 425-433 en Mendoza, R. & P. Koleff (eds). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF Available at <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/acuaticas-invasoras-cap25.pdf>

- Armstrong R.D., & H.W. Ferguson. 1989. Systemic viral disease of the chromide cichlid *Etilapia maculatus*. *Diseases of Aquatic Organisms* 7: 155-157. Available at <https://www.int-res.com/articles/dao/7/d007p155.pdf>
- Arthington A.H. 1991. Ecological and Genetic Impacts of Introduced and Translocated Freshwater Fishes in Australia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 33-43. DOI: <https://doi.org/10.1139/f91-302>
- Baroiller J.F., H. D'Cotta, E. Bezault, S. Wessels, & G. Hoerstgen-Schwark. 2009. Tilapia sex determination: Where temperature and genetics meet. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 153: 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.11.018>
- Barriga R. 2015. Peces de los afluentes de la costa del Ecuador: composición, biogeografía, aspectos ecológicos, uso y conservación. Pp. 339-362 en Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros, & P. Sánchez-Duarte (eds). XII. Cuenca pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia Available at http://mu-seohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/235.pdf
- Bittencourt L.S., U.R. Leite-Silva, L.M.A. Silva, & M. Tavares-Dias. 2015. Impact of the invasion from Nile tilapia on native Cichlidae species in tributary of Amazonas River, Brazil. *Biota Amazônia* 4: 88-94. <http://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/998>
- Boyd C.E., A.A. McNeven, J. Clay, & H.M. Johnson. 2005. Certification Issues for Some Common Aquaculture Species. *Reviews in Fisheries Science* 13: 231-279. DOI: <https://doi.org/10.1080/10641260500326867>
- Burger J., K. Cooper, D.J. Gochfeld, J.E. Saliva, C. Safina, D. Lipsky, & M. Gochfeld. 1992. Dominance of Tilapia mossambica, an introduced fish species, in three Puerto Rican estuaries. *Estuaries* 15: 239-245. <https://doi.org/10.2307/1352698>
- Canonico G.C., A. Arthington, J.K. McCrary, & M.L. Thieme. 2005. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 15: 463-483. <http://doi.wiley.com/10.1002/aqc.699>
- Caraballo P. 2009. Efecto de tilapia *Oreochromis niloticus* sobre la producción pesquera del embalse el Guájaro Atlántico-Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 14: 1796-1802. <http://www.redalyc.org/pdf/693/69312390003.pdf>
- Cassemiro F.A.S., D. Bailly, W.J. da Graça, & A.A. Agostinho. 2018. The invasive potential of tilapias (Osteichthyes, Cichlidae) in the Americas. *Hydrobiologia* 817: 133-154. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3471-1>
- Cnaani A., B.-Y. Lee, N. Zilberman, C. Ozouf-Costaz, G. Hulata, M. Ron, A. D'Hont, J.-F. Baroiller, H. D'Cotta, D. J. Penman, E. Tomasino, J.-P. Coutanceau, E. Pepey, A. Shirak, & T. D. Kocher. 2008. Genetics of sex determination in tilapiine species. *Sexual Development* 2: 43-54. <http://dx.doi.org/10.1159/000117718>
- CONAP. 2011. Fortalecimiento de las Capacidades Institucionales para Abordar las Amenazas Provocadas por la Introducción de Especies Exóticas en Guatemala. Available at <https://www.cbd.int/invasive/doc/meetings/isaem-2015-01/DECISION%20SUPPORT%20TOOLS/iasem-guatemala-dst-04-esp.pdf>
- Cotton S., & C. Wedekind. 2007. Control of introduced species using Trojan sex chromosomes. *Trends in Ecology & Evolution* 22: 441-443. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2007.06.010>
- Crespo V. 2015. ¡Alerta con las especies exóticas invasoras de agua dulce! *Nuestra Ciencia* 17: 12-16
- Cucherousset J., & J.D. Olden. 2011. Ecological impacts of nonnative freshwater fishes. *Fisheries* 36: 215-230. <http://doi.wiley.com/10.1080/03632415.2011.574578>
- Daszak P., A.A. Cunningham, & A.D. Hyatt. 2001. Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife. *Acta Tropica* 78: 103-116. Available at <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11230820>
- Diana J.S. 2009. Aquaculture Production and Biodiversity Conservation. *Bioscience* 59: 27-38. Available at <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/59/1/27/306930> [Accessed 24 agosto 2018]
- EcoCostas. 2006. El Cultivo de Chame (*Dormitator latifrons*) en el Estuario del Río Cojimies. *EcoCostas*. Available at http://www.ecocostas.org/success/images/documentos/1236061530_Cultivo%20CHAME%20Cojimies.pdf [Accessed 25 agosto 2018]
- El-Sayed A.-F.M. 2006. Tilapia Culture. CABI Publishing, CABI International, Willingford, Oxfordshire, United Kingdom. Available at https://market.android.com/details?id=book-hgljY6Cx_OC
- Fitzsimmons K. 2000. Tilapia and penaeid shrimp polycultures. *Pond Dynamics*. Aquaculture CRSP, Aquanews, Fall.
- Fortes R.D. 2005. Review of techniques and practices in controlling tilapia populations and identification of methods that may have practical applications in Nauru including a national tilapia plan. Secretariat of the Pacific Community, Noumea Cedex, New Caledonia.
- Gutierrez J.B., & J.L. Teem. 2006. A model describing the effect of sex-reversed YY fish in an established wild population: The use of a Trojan Y chromosome to cause extinction of an introduced exotic species. *Journal of Theoretical Biology* 241: 333-341. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2005.11.032>
- Invasive Species Specialist Group -ISSG-. 2018. Global Invasive Species Database. Available at <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=131> [Accessed 26 agosto 2018].
- Jiménez-Uzcátegui, G., V. Carrión, J. Zabala, P. Buitrón, & B. Milshead. 2006. Status of introduced vertebrates in Galapagos. *Galápagos report* 2007: 136-141
- Lawson L., J. Hill, S. Hardin, L. Vilizzi, & G. Copp. 2015. Evaluation of the Fish Invasiveness Screening Kit (FISK v2) for peninsular Florida. *Management of Biological Invasions* 6: 413-422. <http://dx.doi.org/10.3391/mbi.2015.6.4.09>
- Ling N. 2003. Rotenone-a review of its toxicity and use for fisheries management Mackenzie, I. & R. Munro (eds). DOC Science Publishing, Science & Research Unit. Available at <https://www.doc.govt.nz/documents/science-and-technical/Sfc211.pdf>
- Mair G.C., J.S. Abucay, T.A. Abella, J.A. Beardmore, & D.O.F. Skibinski. 1997. Genetic manipulation of sex ratio for the large-scale production of all-male tilapia *Oreochromis niloticus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 396-404. <https://doi.org/10.1139/f96-282>

- Martin C.W., M.M. Valentine, & J.F. Valentine. 2010. Competitive interactions between invasive Nile tilapia and native fish: the potential for altered trophic exchange and modification of food webs. *PLoS One* 5: e14395. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0014395>.
- Martínez P., A.M. Viñas, L. Sánchez, N. Díaz, L. Ribas, & F. Pierrer. 2014. Genetic architecture of sex determination in fish: applications to sex ratio control in aquaculture. *Frontiers in Genetics* 5: 340. <http://dx.doi.org/10.3389/fgene.2014.00340>
- McCosker J.E., & R.H. Rosenblatt. 2010. The fishes of the Galápagos Archipelago: an update. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 61: 167. Available at http://www.academia.edu/download/38328243/McCosker_Rosenblatt_2010LR.pdf
- McCrary J.K., B.R. Murphy, J.R. Stauffer, & S.S. Hendrix. 2007. Tilapia (Teleostei: Cichlidae) status in Nicaraguan natural waters. *Environmental Biology of Fishes* 78: 107-114. <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9080-x>
- McGrogan D.G., V.E. Ostland, P.J. Byrne, & H.W. Ferguson. 1998. Systemic disease involving an iridovirus-like agent in cultured tilapia, *Oreochromis niloticus* L. - a case report. *Journal of Fish Diseases* 21: 149-152. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2761.1998.00082.x>
- McIntyre P.B., L.E. Jones, A.S. Flecker, & M.J. Vanni. 2007. Fish extinctions alter nutrient recycling in tropical freshwaters. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 4461-4466. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0608148104>
- Morgan D.L., H.S. Gill, M.G. Maddern, & S.J. Beatty. 2004. Distribution and impacts of introduced freshwater fishes in Western Australia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 38: 511-523. <https://doi.org/10.1080/00288330.2004.9517257>
- Morrison J. 1994. Geraghty P (ed.), Crowl L (ed.). 1994 Science of Pacific Island peoples. Volume 3: fauna, flora, food and medicine. Suva, Fiji: Institute of Pacific Studies. Available at <http://kdb.kew.org/kdb/detailedresult.do?id=105450>
- Nico L.G., H.L. Jelks, W.F. Loftus, & D. Chapman. 2008. Eradication of Non-native Tilapia from Laguna El Junco, a Natural Crater Lake in the Galapagos Archipelago, Ecuador. Pp. 132 en Lavoie, D. L., B. H. Rosen, D. M. Sumner, K. H. Haag, A. B. Tihansky, B. Boynton, & R. R. Koenig (eds). USGS Gulf Coast Science Conference and Florida Integrated Science Center Meeting: Proceedings with Abstracts. Orlando, Florida: U.S. Available at <https://pubs.usgs.gov/of/2008/1329/pdf/ofr2008-1329.pdf>
- Nico L.G., & S.J. Walsh. 2011. Non-indigenous freshwater fishes on tropical Pacific islands: a review. Pp. 97-107 en Veitch, C. R., M. N. Clout, & D. R. Towns (eds). Island invasives: eradication and management. Proceedings of the International Conference on Island Invasives. IUCN, Gland, Switzerland and The Centre for Biodiversity and Biosecurity (CBB), Auckland, New Zealand Available at http://www.issg.org/pdf/publications/Island_Invasives/pdfHQprint/1Nico.pdf
- Nirchio M., & J.E. Pérez. 2002. Riesgos del cultivo de tilapias en Venezuela. *Interciencia* 27: 39-44. Available at http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442002000100007&script=sci_arttext
- Ortega-Granda J.A. 2016. Análisis del comercio internacional del chame (*Dormitorator Latifrons*, Richardson, 1844) y su impacto sobre sus poblaciones silvestres en el Ecuador: Propuesta de inclusión en citas. Magister en Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Available at <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/25242>
- Russell D.J., P.A. Thuesen, & F.E. Thomson. 2012. A review of the biology, ecology, distribution and control of Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters 1852) (Pisces: Cichlidae) with particular emphasis on invasive Australian populations. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22: 533-554. <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9249-z>
- Schüttler E., & C.S. Karez. 2008. Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas. Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay.
- Senior A.M., M. Krkosek, & S. Nakagawa. 2013. The practicality of Trojan sex chromosomes as a biological control: an agent based model of two highly invasive *Gambusia* species. *Biological Invasions* 15: 1765-1782. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0407-1>
- Silva S.S.D., T.T.T. Nguyen, G.M. Turchini, U.S. Amarasinghe, & N.W. Abery. 2009. Alien Species in Aquaculture and Biodiversity: A Paradox in Food Production. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 38: 24-28. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-38.1.24>
- Stelkens R.B., & C. Wedekind. 2010. Environmental sex reversal, Trojan sex genes, and sex ratio adjustment: conditions and population consequences. *Molecular Ecology* 19: 627-646. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294X.2010.04526.x>
- Stickney R.R. 1992. Tilapia. Pp. 81-116 en R, S. R. (ed). Culture of Nonsalmonid Freshwater Fishes, Second Edition. CRC Press, Boca raton, USA.
- Strecker U. 2006. The impact of invasive fish on an endemic Cyprinodon species flock (Teleostei) from Laguna Chichancanab, Yucatan, Mexico. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 408-418. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0633.2006.00159.x>
- Teichert-Coddington, D.R., T.J. Popma, & L.L. Lovshin. 1997. Attributes of tropical pond-cultured fish. Pp. 217-232 en S, E. H. & B. C. E. (eds). Dynamics of Pond Aquaculture. CRC Press, Boca Raton.
- Thresher R.E., K. Hayes, N.J. Bax, J. Teem, T.J. Benfey, & F. Gould. 2014. Genetic control of invasive fish: technological options and its role in integrated pest management. *Biological Invasions* 16: 1201-1216. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0477-0>
- Toral-Granda M.V., C.E. Causton, H. Jäger, M. Trueman, J.C. Izurieta, E. Araujo, M. Cruz, K.K. Zander, A. Izurieta, & S.T. Garnett. 2017. Alien species pathways to the Galapagos Islands, Ecuador. *PLoS One* 12: e0184379. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0184379>
- Tran L.D., T.V. Dinh, T.P. Ngo, & R. Fotedar. 2011. Tilapia. Pp. 318-333 en Fotedar, R. & B. Phillips (eds). Recent Advances and New Species in Aquaculture. John Wiley & Sons, Oxford, UK.

-
- Trewavas E. 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis*, and *Danakilia*. London: British Museum (Natural History). <https://www.biodiversitylibrary.org/item/215113>
- Vicente I.S.T., & C.E. Fonseca-Alves. 2013. Impact of introduced Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on non-native aquatic ecosystems. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 16: 121-126. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24171273>
- Watanabe W.O., T.M. Losordo, K. Fitzsimmons, & F. Hanley. 2002. Tilapia Production Systems in the Americas: Technological Advances, Trends, and Challenges. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 10: 465-498. <https://doi.org/10.1080/20026491051758>
- Welcomme R.L. 1988. International Introductions of Inland Aquatic Species. Food & Agriculture Org.
- Zambrano L., E. Martínez-Meyer, N. Menezes, & A. T. Peterson. 2006. Invasive potential of common carp (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in American freshwater systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 1903-1910. <https://doi.org/10.1139/f06-088>
- Zambrano M. 2011. Contribución al conocimiento de especies de peces de agua dulce autóctonos factibles de desarrollo en ambiente controlado. Título de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad de Guayaquil, Facultad de Veterinaria. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/824>
- Zambrano Santana G.G. 2014. Análisis de la producción y comercialización del chame (*Dormitator latifrons*) en el Ecuador: provincia de Manabí cantón Chone período 2010-2013. Título de Economista. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/9623>

Agradecimientos:

Los autores agradecen a los árbitros anónimos que contribuyeron con sus acertadas observaciones.

Conflicto de intereses:

Los autores no incurrir en conflictos de intereses.

Rol de los autores:

JJ realizó el levantamiento de la información, aplicación de las encuestas, análisis de datos y escritura del manuscrito; CQA, OSR, JEP y MN participaron en el análisis y validación de información y datos, escritura del manuscrito; JEP y MN participaron en la conceptualización del estudio y edición final del manuscrito.. JJ, CQA, OSR, MN: revisaron y aprobaron el manuscrito.

Fuentes de financiamiento:

Los autores declaran no haber contado con una fuente de financiamiento específico.

Aspectos éticos / legales:

La encuestas fueron realizadas con el consentimiento de los participantes a quienes se les informó sobre el propósito y destino de mismas.