



PESQUERÍA DE TILAPIA EN AGUAS CONTINENTALES DE MÉXICO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

TILAPIA FISHERY IN INLAND WATERS OF MEXICO: CURRENT STATUS AND PERSPECTIVES

Wally Rubio-Gómez^{1,2}

<https://orcid.org/0009-0002-2937-7488>

Javier Marcial de Jesús Ruiz-Velazco^{1,2}

<https://orcid.org/0000-0003-1193-2164>

Oscar Iram Zavala-Leal^{1,2}

[Orcid: 0000-0001-5571-5810](https://orcid.org/0000-0001-5571-5810)

Breidy Lizeth Cuevas-Rodríguez*^{1,2}

breidy.cuevas@uan.edu.mx

Francisco Javier Valdez-González^{1,2}

[Orcid: 0000-0001-5571-5810](https://orcid.org/0000-0001-5571-5810)

¹ Programa Educativo de Licenciatura en Ecología, Universidad Estatal de Sonora, Avenida Ley Federal del Trabajo S/N, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora 83100 México

² Cuerpo Académico de Recursos Naturales, Universidad Estatal de Sonora, Avenida Ley Federal del Trabajo S/N, Col. Apolo, Hermosillo, Sonora 83100 México sustentable, Cosalá, Sinaloa, México

*Autor de correspondencia

Recibido: 20 de junio de 2024

Aceptado: 24 de junio de 2025

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Núm.2, Vol.1, ISSN (en trámite)

PESQUERÍA DE TILAPIA EN AGUAS CONTINENTALES DE MÉXICO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

TILAPIA FISHERY IN INLAND WATERS OF MEXICO: CURRENT STATUS AND PERSPECTIVES

Wally Rubio-Gómez, Oscar Iram Zavala-Leal, Francisco Javier Valdez-González, Javier Marcial de Jesús Ruiz-Velazco y Breidy Lizeth Cuevas-Rodríguez*

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo realizar una revisión de la bibliografía disponible sobre las pesquerías de tilapia en embalses mexicanos. La información fue obtenida mediante la búsqueda, análisis y clasificación de fuentes en bases de datos de libre acceso. Los datos recopilados se organizaron en secciones temáticas para abordar las generalidades de la pesca continental en México, las pesquerías de tilapia, su marco legal y estrategias de manejo en aguas interiores, así como algunas acciones orientadas a la conservación de las poblaciones de tilapia en embalses. La revisión indica que, en México, las principales pesquerías de origen acuacultural se basan en especies exóticas, siendo la tilapia la más relevante por volumen de captura en cuerpos de agua continentales. Esto pone de manifiesto el alto potencial productivo de los embalses y presas del país para la pesca de captura de esta especie. En este contexto, se destaca la necesidad de fomentar el trabajo colaborativo entre sectores público, privado y académico para fortalecer la cadena productiva y mejorar la competitividad de la tilapia mexicana, con el fin de incrementar su producción y contribuir a la seguridad alimentaria de una población en crecimiento constante.

Palabras claves: acuaculturales, embalses, pesquerías, producción, tilapia

Abstract

The present study aimed to review the available literature on tilapia fisheries in Mexican reservoirs. Information was obtained through searching, analyzing, and classifying sources in open-access databases. The collected data were organized into thematic sections to address the generalities of inland fisheries in Mexico, tilapia fisheries, their legal framework and management strategies in inland waters, as well as some actions aimed at the conservation of tilapia populations in reservoirs. The review indicates that, in Mexico, the main aquaculture fisheries are based on exotic species, with tilapia being the most important in terms of catch volume in inland water bodies. This highlights the high productive potential of the country's reservoirs and dams for capture fisheries of this species. In this context, the need to foster colla-

borative work between the public, private, and academic sectors is highlighted to strengthen the production chain and improve the competitiveness of Mexican tilapia, in order to increase its production and contribute to the food security of a constantly growing population.

Key Word: fisheries, inland waters, Mexico, production, tilapia

Introducción

Desde la antigüedad, las sociedades se caracterizan por depender del agua de los ríos y de los recursos naturales para su subsistencia; el comercio, el hábitat, las funciones ecológicas y los servicios ambientales donde representan una estrecha relación con las cuencas hidrológicas y los caudales de los ríos (Beltrán-Álvarez et al., 2016). Los recursos acuáticos continentales como lagos, ríos y embalses representan aproximadamente el 0.2 % de la superficie acuática mundial (Paul et al., 2020), siendo fundamentales para el desarrollo socioeconómico de las regiones que cuentan con algún tipo de agua donde se desarrollen actividades productivas como las pesquerías continentales.

La pesca de agua dulce ha participado históricamente en el desarrollo económico de las muchas regiones establecidas alrededor de las aguas continentales (Cuellar-Lugo et al., 2018), siendo una actividad de gran importancia con un gran énfasis en su desarrollo, debido a que los sectores sociales de los recursos acuáticos de las aguas conti-

nentales en muchas ocasiones dependen de la pesquería como detonante económico, que si bien, esta actividad por sí sola no erradicará la pobreza, pero sí puede desempeñar un papel integral en los esfuerzos multidimensionales para aliviar la pobreza y prevenir un incremento de la misma (Lynch et al., 2017), por lo que es evidente el inmenso valor de la pesca continental de captura para la seguridad alimentaria en los países en desarrollo en el mundo (FAO, 2014).

Por otro lado, la pesca en aguas continentales es una fuente importante de proteína animal para gran parte de la población mundial, por lo que esta actividad ha ido en aumento y alcanzó su nivel más alto en el 2018, con 12.0 millones de toneladas, lo que representa el 12.5% del total de la producción de la pesca de captura (Stankus, 2021). En México, existen numerosas especies de ictiofauna de agua dulce explotables como recurso pesquero, siendo la tilapia (*Oreochromis* spp.) la de mayor importancia como fuente de nutrición y por volumen de captura por lo que es el producto pesquero más dominante y comercialmente

importante en muchos embalses del mundo (Tsegay et al., 2016).

Las presas y embalses del territorio nacional son los cuerpos de agua más representativos para la pesquerías de tilapia y otras capturas continentales, y constituyen un importante recurso para el desarrollo de la pesca y la acuicultura (Cooke, et al., 2015), sin embargo, pese al potencial de la pesca continental para el desarrollo económico y social, en México el recurso hídrico almacenado en estos cuerpos de agua es destinado a usos consuntivos, por lo que el desarrollo y crecimiento de las pesquerías continentales no son prioritarios en términos económicos para el país.

Debido a lo anteriormente planteado, la presente revisión tiene como objetivo realizar un análisis sobre publicaciones relacionadas con las pesquerías de tilapia y su importancia en embalses mexicanos, con el fin de determinar los factores que influyen en la pesca continental en México, su desarrollo económico y establecer estrategias de manejo para la conservación de las poblaciones de tilapia en aguas continentales.

Pesca continental en México

México cuenta anualmente con aproximadamente 447.260 millones de m³ de agua dulce renovable, la cantidad máxima de agua que es factible aprovechar anualmente en el país (Bezaury-Creel et al., 2017). Los recursos hidráulicos en México, están constituidos por ríos, lagos, lagunas, aguas subterránea, así

como por agua de lluvia (Gaspar-Dillanes y Hernández Montaña et al., 2013); se estima que 77% del volumen de agua consumido en nuestro país se destina al riego; 14% al uso público urbano y 9% a las industrias autoabastecidas y termoeléctricas, usos considerados como consuntivos, que son aquellos en donde se consume un volumen de agua de una calidad determinada al llevar a cabo una actividad específica (Conagua-Semarnat, 2015).

En lo que respecta a la importancia de la actividad pesquera de los ríos, lagos y humedales con relación a otras formas de producción primaria como la agricultura, ha sido variable en las últimas décadas (Onofre y Carbajal, 2015). En México y la mayoría de los países que llevan a cabo actividades como las pesquerías marinas son las que ocupan el lugar más relevante en la formulación política, planes de desarrollo, ingresos económicos y en volumen de captura (Pedroza-Gutiérrez, 2014), sin embargo, la producción de la pesca de captura marina se ha estabilizado y ya no se considera capaz de sostener los suministros de productos pesqueros necesarios para satisfacer las crecientes demandas mundiales (Prabu et al., 2019).

Por lo que la pesca de captura continental representa una actividad potencialmente favorable para satisfacer la creciente demanda mundial, y aunque

México cuenta con un territorio muy amplio de litoral y alto potencial para el desarrollo de esta actividad, y las presas y embalses son los cuerpos de agua dulce más representativas por su pesquerías de captura, los cuales en su mayoría se encuentran contruidos sobre los cauces de los ríos en lo alto de la zona serrana, donde el flujo del agua es retenida temporalmente, formando depósitos de agua relativamente profundos (Martínez, 1989), lugares donde la situación socioeconómica de los pueblos que habitan en los márgenes de los ríos es crítica, careciendo de fuentes de empleo, de tal forma que la creación de los embalses contribuye en la presencia de alimentos como los peces, que son una fuentes alimentaria con alto contenido proteínico (Beltrán-Álvarez et al., 2016).

En el territorio nacional existen alrededor de 4 mil presas, con una capacidad de almacenamiento de 150 mil millones de m³ (Domínguez, 2019). Las 52 presas con mayor capacidad representan un 70% de la capacidad total de almacenamiento del país, y constituyen un importante recurso para el desarrollo de la pesca y la acuicultura (Hernández et al., 1993). Pese a esto, son pocos los estados en el territorio nacional con pesquerías continentales representativas en términos económicos, y el 50% de la producción pesquera de agua dulce del país se obtiene de los cuerpos de agua naturales ubicados en el Pacífico. En los estados de Michoacán y Jalisco se ubican los embalses

más grandes del país como son Chapala, Pátzcuaro y Cuitzeo e Infiernillo en Michoacán compartiendo territorio geográfico con Guerrero.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA) hoy IMIPAS, en su Carta Nacional Pesquera (DOF, 2022), la ictiofauna de agua dulce distribuidas en el territorio nacional está constituido por 505 especies nativas e introducidas, de estas solo 12 especies están sujetas a explotación en las pesquerías continentales (Espinosa-Pérez, 2014).

A pesar de esa diversidad de cuerpo de agua y sobre todo de la diversidad de especies dulceacuícolas, las pesquerías más importantes son de especies exóticas como el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), carpa común (*Cyprinus carpio*), carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*,) (Mendoza-Carranza et al., 2018), lobina negra (*Micropterus salmoides*) (Beltrán Álvarez et al., 2016) y tilapia del género *Oreochomis*, tales como (Pedroza-Gutiérrez y López-Rocha et al., 2016), *O. niloticus*, *O. aureus* (Peña-Mesina et al., 2010), *O. mossambicus*, siendo la tilapia la de mayor importancia pesquera por volumen de captura en los embales del territorio nacional (Tabla 1).

Tabla 1. Principales especies de peces en aguas continentales mexicanas.

Nombre común	Especie	Entidad	Actividad	Referencia
Bagre de canal	<i>Ictalurus punctatus</i>	Tamaulipas, Michoacán, Jalisco y Guerrero	Pesca comercial	Mendoza-Carranza et al., 2018
Carpa herbívora	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Estado de México	Pesca comercial	Beltrán-Álvarez et al., 2014
Lobina negra	<i>Micropterus salmoides</i>	Sinaloa y Nayarit	Pesca deportiva- recreativa	Pedroza-Gutiérrez & López-Rocha et al., 2016
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	Jalisco, Michoacán, Sinaloa.	Pesca comercial	Beltrán-Álvarez et al., 2016
Tilapia	<i>Oreochromis aureus</i>	Nayarit	Pesca comercial	Peña-Messina et al., 2010; Cuevas-Rodríguez et al., 2024

Tilapia

Las pesquerías de agua dulce de especies como la tilapia, representan una importante fuente de nutrición, especialmente para poblaciones que dependen de una limitada variedad de alimentos básicos (FAO, 2020). La tilapia es el nombre común de varias especies de cíclidos que habitan en arroyos de agua dulce, estanques, ríos, lagos y menos común en agua salobres (Wang y Lu, 2016). Este cíclido es considerado una especie invasora, aunque independientemente de los efectos negativos de la introducción de especies, al menos la pesca de tilapia representa la pesquería en aguas continentales de mayor crecimiento e importancia en aguas continentales del mundo, incluyendo a México (Mendoza-Carranza et al., 2018).

Originarias de África y el suroeste del Medio Oriente, desde 1930, las tilapias han sido introducidas en más de 90 países para pesca y acuicultura. En la actualidad estos peces han sido promovidos como una importante fuente de proteína que podría dar seguridad alimentaria, y la demanda del mercado de este producto en países desarrollados como los Estados Unidos (Canonico et al., 2005; Latini, et al., 2021). Lo anterior ha generado que la tilapia se cultive de forma comercial en 10 países (Casseiro et al., 2018), y se ha convertido en uno de los peces comestibles más importantes y el segundo pez más cultivado a nivel mundial, cuadruplicando su producción en las últimas décadas

debido a su idoneidad comercial y precios de mercado estables (Deng et al., 2015; Wang y Lu, 2016).

La tilapia es una especie que posee distintos atributos fisiológicos, ya que son organismos en los que destaca sus hábitos alimenticios, su resistencia, rápido crecimiento tolerancia a diversas condiciones ambientales y altos índices de supervivencia, lo que ha permitido su éxito adaptativo (Van Doan et al., 2019; Magouz et al., 2020; FAO, 2014; Khalifa et al., 2018).

Los cíclidos tilapina del género *Oreochromis* enumeran 23 especies y son típicamente abundantes (Fricke, et al., 2018). Muchas de estas especies son importantes para la pesca de captura continental, en particular la tilapia del Nilo, *O. niloticus* (Shechonge et al., 2019). La tilapia del Nilo es un pez importante en la ecología de la región tropical y subtropical y de gran importancia comercial en las pesquerías en muchos lagos (Britton y Harper, 2008). Lo anterior es atribuido a sus cualidades positivas, como la consistencia en su filete, buen sabor y hábitos reproductivos (Ukenye, & Megbowon, 2023). Tsegay et al. (2016) menciona que *O. niloticus* es la especie más dominante y comercialmente importantes en muchos embalses del mundo, y en regiones tropicales del territorio nacional mexicano no es la excepción.

La tilapia fue introducida a México en 1964 con el objetivo de facilitar la disponibilidad de alimentos básico, económico y de alto contenido proteico (Espinoza Lemus et al., 2009).

La tilapia *Oreochromis aureus* fue la primera en ser introducida al país, y años posteriores la tilapia del Nilo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986). Revisiones posteriores documentaron cuatro especies del género *Oreochromis*: *O. urolepsis hornorum*, *O. mosambicus*, *O. aureus* y *O. niloticus* en México, y actualmente se encuentran diseminadas en la mayoría de los cuerpos de agua continentales del país (Beltrán-Álvarez et al., 2016).

La tilapia se captura en aguas continentales en 15 de los 32 estados que conforma la república mexicana, las entidades más productivas de mayor importancia pesquera por volumen de captura son Chiapas, Jalisco, Sinaloa, Nayarit y Michoacán (Mendoza-Carranza et al., 2018; CONAPESCA, 2020).

Desde el 2010, la producción de tilapia en México proveniente de la pesca, fueron al alza con producciones de 4,264 t anuales, y mantuvo un crecimiento constante con una tasa media de crecimiento anual de la producción del 9.08%, presentando su mayor producción en el 2018 con 32,112 t (CONAPESCA, 2018), sin embargo, durante el 2019 y 2020 se observó un declive en la producción de tilapia, con una producción de 20,852 t y 17,797 t, respectivamente, sin embargo durante el 2021 hubo un aumento de la producción con 32,181 t

(CONAPESCA, 2021), en la última década la producción de tilapia no ha sido constante en el país, esta variación en la producción puede ser atribuido a factores internos, como, por ejemplo, falta de vigilancia, pesca ilegal, incremento en el esfuerzo pesquero (INAPESCA, 2020); así como también contaminación del agua, el poco control directo sobre las poblaciones y la falta de monitoreo de la calidad de sus líneas reproductoras existentes en los cuerpos de agua, aunado a la nula asesoría técnica constante para mejorar los procesos tecnológicos de captura para esta especie (Arrellanes-Cansino et al., 2022). Lo anterior muestra una inestabilidad significativa en los últimos años, y pese a los esfuerzos de las instancias gubernamentales, al implementar planes para el fomento de la pesca y acuicultura sustentable mediante el establecimiento de principios para la formulación y conducción de la Política Nacional, el desafío para aumentar la producción de pesca de captura continental y acuicultura de peces dulce acuícolas no se ha logrado hasta la fecha. Cabe señalar, que, pese a esta situación, la demanda de filete fresco sigue en aumento, como un reflejo de la gran importancia que ha adquirido en la tabla nutrimental del pueblo mexicano aumentando su consumo, México importa tilapia de China para abastecer 36.6% del consumo aparente en los últimos 10 años, el consumo per cápita de tilapia aumentó 2.84 veces al pasar de 0.78 a 2.21 kg del 2008 al 2017, respectivamente (Téllez-Castañeda, 2021).

De acuerdo al Consejo Empresarial de Tilapia Mexicana A.C. (CETMX), México produce alrededor de 120,000 t por año, por lo que, para satisfacer el mercado nacional, se importa desde China alrededor de 100,000 t por año de Tilapia entera y filete. Si bien con estas importaciones se garantiza la demanda nacional, de acuerdo con el CETMX, no todo el producto arriba en óptimas condiciones, observándose que alrededor del 30% o más de las importaciones presentan algún tipo de irregularidad, y no se garantizan cuestiones de inocuidad o posible contaminación del producto, lo que reduce la posibilidad de que los mexicanos consuman un producto fresco y sin riesgo de irregularidades sanitarias.

A pesar de estas problemáticas identificadas, la importación de tilapia desde China continúa, ya que esto garantiza el abasto que requiere el mercado local, lo que no hacen los productores nacionales, pues solo dan abasto a las entidades donde se encuentran, y en ocasiones la tilapia mexicana es más cara debido a que los costos de producción son más elevados en el país. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el desarrollo de la pesca por captura de tilapia tiene que estar basada en las eficiencia estructural con limitaciones organizacionales, evitar rezago tecnológi-

co y de capacitación (FAO, 2014), y aunque en México es evidente el alto potencial productivo que la pesca de captura de la tilapia puede representar para el país, a la fecha, los trabajos en conjunto entre actores públicos, privados y de investigación para el fortalecimiento a la cadena productiva y la competitividad de la tilapia mexicana sigue sin un futuro claro que permita establecer líneas puntuales para agregar valor al producto (Figura 1).

Importancia de las pesquerías de tilapia y su manejo en aguas continentales de México

Las regiones pesqueras en México se distinguen por su variedad, tanto en el ámbito de origen marino como en el de agua dulce. Esta diversidad se expone por las características ecosistémicas, sociales y económicas a lo largo del litoral marino en los océanos Pacífico y Atlántico, así como también en las riberas de los cuerpos de agua dulce (Moreno, 2019).

La pesca que se realiza en aguas continentales de México es artesanal, es

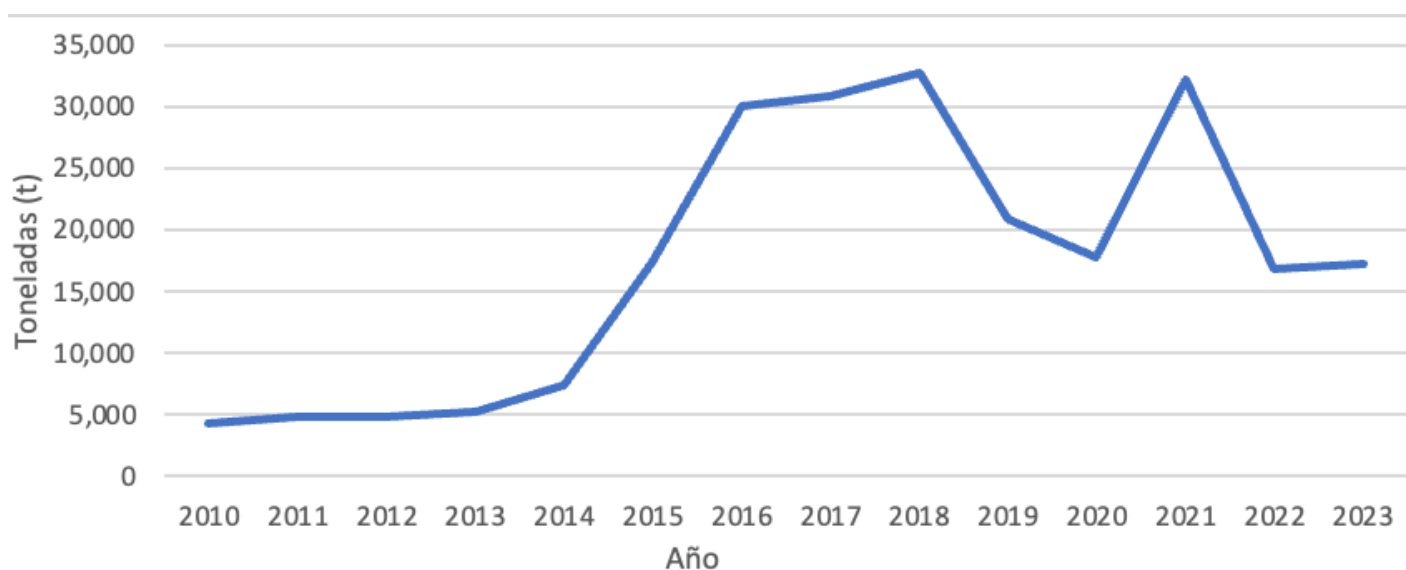


Figura 1. Serie histórica de producción pesquera de tilapia en México (2010–2023). Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura. Fuente: CONAPESCA, 2023

decir, con una escala de operación limitada, un gran número de embarcaciones pequeñas o menores, con un amplio requerimiento de mano de obra, escasa utilización de capital y utilización de técnicas rudimentaria como chinchorros y atarrayas (Rojas-Carrillo y Fernández-Méndez, 2006; Solano, 2015), y en la actualidad es un caso especial cuando el manejo de pesca en aguas continentales es el objetivo principal, ya que los usos más importantes del recurso hídrico en los embalses son controlados por intereses diferentes a los de la pesca, como son la generación de energía eléctrica, abasto de agua potable y usos agroindustriales (CONAGUA y SEMARNAT, 2009; Barajas-Santinelli y CEDRSSA, 2017), lo que significa que algunas de las políticas de apoyo para el desarrollo y manejo de los recursos pesqueros están sujetas a otras prioridades (Beltrán et al., 2014; Pedroza-Gutiérrez, 2018).

La importancia de los embalses para el desarrollo social y económico del país es innegable, lo que ha generado, en las últimas décadas, diversa información científica sobre los embalses relacionados con ingeniería, limnología, gestión y pesquerías para distintas actividades humanas (Fernando y Holčík, 1991; Athukorala y Amarasinghe, 2010; Samaradivakara et al., 2012; Teame et al., 2018; Radigan y Fincel, 2022). Sin embargo, muchas de estas actividades han inducido importantes impactos negativos en las aguas continentales durante los últimos 100 años, y a las alteraciones hidrológicas resultantes plantea

amenazas para la pesca (Welcomme et al., 2010). Los principales factores observados como amenazas globales para las cuencas hidrográficas, donde se incluyen el cambio en la infraestructura, cambio climático, sobre extracción de agua, especies introducidas, sobrepesca y contaminación (Dudgeon, 2000, Tranvik, et al., 2009, Wong et al., 2007, Welcomme et al., 2010, Marques et al., 2011).

Estos impactos también han sido identificados como los principales factores que afectan la biodiversidad pesquera de agua dulce y niveles de productividad en los distintos embalses de México (Espinosa-Lemus et al., 2009; Pedroza-Gutiérrez y López-Rocha, 2016; Brusca et al., 2017).

En la actualidad las principales presas, embalses y lagos son reglamentadas por criterios normativos para la administración de los recursos biológicos disponibles en los distintos cuerpos de agua de jurisdicción federal, donde cada entidad se rige por normativas específicas, debido a las necesidades más frecuentes. Entre las medidas oficiales para el ordenamiento pesquero, se estableció la zona de refugio para proteger el proceso de reproducción de las especies de tilapia, así como de crías (DOF, 2004), y periodos de vedas para las especies con valor comercial nativas e introducidas. Como ejemplo se puede mencionar la Presa de Aguamilpa Solidaridad, Nayarit, la cual tiene como su principal actividad económica la pesca dirigida a la especie tilapia (De la Lanza y García, 2002), y se

encuentra regulada por la norma (NOM-026-SAG/PESC-2016); que establece un periodo de veda temporal. Mismo ejemplo se puede observar en la presa Lic. Gustavo Díaz Ordaz “Bacurato”, Sinaloa; pero en este caso los integrantes de las cooperativas implementan vedas voluntarias (Gaspar-Dillanes, 2013 y Beltrán et al., 2016). Por otro lado, la talla de captura, es una medida implementada en otros embalses como en los cuerpos de agua natural más grandes de México Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro (Arellano-Torres et al., 2013).

En relación a esta última medida, distintos estudios han permitido establecer estrategias de regulación para establecimiento de vedas en las pesquerías locales de tilapia considerando tallas mínimas de captura comerciales y longitud estándar (DOF, 2007); y desde el 2015 se puso en rigor en todo el país la norma oficial NOM-032-SAG/PESC-2015, la cual establece la talla mínima de pesca con la finalidad de no afectar a las especies juveniles, y así mantener una pesca responsable y el aprovechamiento de los recursos pesqueros de la zona (Calzada et al., 2018). El embalse de Zimapán, Hidalgo fue de las primeras en implementar estas estrategias de manejo sostenible del recurso para la conservación de las pesquerías locales de tilapia. De manera similar las presas ubicadas entre la ribera de los estados de Guerrero y Michoacán, las presas José Ma. Morelos “La Villita” y la Presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo” se desarrolla principalmente la pesca comercial de tilapia y cuentan con la norma oficial mexicana NOM-

027-pesc-2000, (DOF, 2008).

Una situación similar se lleva a cabo en el lago de Catemaco, Veracruz, donde las especies introducidas de peces como las tilapias, se han desarrollado en comunidades biológicas que actualmente sos-sostienen la pesca comercial en una proporción del 37.8%, y se encuentra regulada por la Norma Oficial NOM-041-PESC-2004” como pesca responsable del lago de Catemaco y se generaliza con la NOM-009-PESC-1993, que establece el procedimiento para determinar las temporadas y zonas de veda para la captura de las diferentes especies de la flora y fauna acuáticas, en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos (DOF, 2007).

La implantación y la regulación federal de estas normas en los distintos cuerpos de agua, han tenido como objetivo principal garantizar la conservación, preservación y aprovechamiento racional de los recursos pesqueros, sin embargo, estas regulaciones no han sido suficientes en algunos cuerpos de agua. Sandoval, (2015) manifiesta que este tipo de normas y reglamentaciones ha tenido poco éxito en la práctica debido a distintos factores como la falta de cooperación, dificultades para sancionar actitudes oportunistas, falta de recursos económicos, infraestructura obsoleta o deteriorada, ausencia de proyectos y pla-

nes colectivos que mejoren la situación pesquera; por ejemplo, en el lago de Chapala (Jalisco-Michoacán) se ha observado una problemática de sus pesquerías, debido a que existe una sobreexplotación del lago, así como también contaminación excesiva y la reducción del espejo de agua (AguilarIbarra et al., 2002). A su vez, Sandoval-Moreno y Hernández-García, (2013) mencionaron que desde hace años que el lago de Chapala enfrenta una crisis compleja causada por factores ambientales, biológicos, económicos y sociales que no permiten activar el sector productivo del lago, y esta situación perdura en la actualidad (Arellanes-Cancino y Ayala-Ortiz, 2021). Por otro lado, en el lago Pátzcuaro, Michoacán, existe una compleja situación ambiental que lleva al continuo deterioro del lago; debido a un conjunto de problemáticas relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales por diversos intereses socioeconómicos y visiones culturales, donde se señala que es importante un enfoque integral para hacer propuestas de solución en la pesquería artesanal (Arellanes-Cancino y Ayala-Ortiz, 2022). Pedroza-Gutiérrez, (2014) también menciona que en la laguna de Yuriria, Guanajuato, la talla mínima de captura de la tilapia no se respeta, lo cual es resultado de la intensificación de la pesca teniendo como respuesta de los pescadores la necesidad de incurrir en la ilegalidad para poder obtener y asegurar el producto.

Estos antecedentes descritos son el reflejo de como actualmente son manejadas las pesquerías en aguas continentales con gran importancia productiva en el país. Es claro que el manejo de las pesquerías en México tiene que ser enfocadas y asesoradas con base científica veraz disponible, tomando en cuenta los conocimientos tradicionales sobre los recursos y su hábitat, así como los factores ambientales, económicos y sociales adecuados de cada región.

Desde hace décadas se muestran las distintas situaciones de las pesquerías de aguas continentales, y como los actores involucrados en la actividad pesquera y el manejo realizado, reconocen que existe una necesidad de un mayor conocimiento de los ecosistemas y una integración de elementos sociales y económicos de la pesca, asegurando una perspectiva a largo plazo y considerando los impactos y cambios fuera del cuerpo de agua, tales como el uso del suelo, los patrones climáticos o los cambios administrativos, las políticas de administración o las prioridades e incorporar la investigación científica en esos aspectos para el proceso de toma de decisiones. Estas medidas tienen como finalidad permitir un mayor conocimiento del funcionamiento de los cuerpos de agua, donde se podrían plantear mejores estrategias para evitar una saturación de las pesquerías de los principales embalses de México.

Estrategias de manejo para la conservación de las poblaciones de tilapia en aguas continentales.

Las 52 presas del país con mayor capacidad de almacenamiento representan casi el 70% de la capacidad total, desde que se crearon los embalses y las pesquerías acuaculturales, el manejo de estas pesquerías de aguas continentales ha consistido principalmente en especies exóticas a través de resiembra y repoblación (Pedroza-Gutiérrez, 2018), basados principalmente en criterios socioeconómicos, sin regulación pesquera y una gestión pesquera limitada (Ortega-Gaucin y Velasco, 2013); sin embargo las pesquerías derivadas de la acuicultura y de aguas continentales son una revelación que en México se aplican a la actividad acuícola que se lleva a cabo de manera extensiva en aguas dulces, y que muchas veces, depende de las crías producidas en los centros acuícolas del sector oficial (Federal y Estatal).

Actualmente en México existen diez centros acuícolas donde se cultivan 14 especies exóticas y siete nativas; el 90% son tilapias y carpas (CONAPESCA, 2020). Estos centros son el proveedor tradicional de crías de especies dulceacuícolas, donde el 85 % de la producción es utilizada con fines de repoblamiento, sin embargo, la producción de cría no es clara, ya que solo dos centros acuícolas registran una producción de alevines de tilapia tal como lo manifiesta el Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2018, mostrando solo la producción de dos centros

reproductores, estos registros manifiestan que los centros acuícolas no garantizan un abastecimiento de cría de calidad, esto se debe a que se carece de planes de manejo de reproductores, por lo que no existe un adecuado seguimiento y control de crías debido a las formas de operación de los centros que en la actualidad se encuentran debilitadas, así como al manejo inadecuado de las especies que se encuentran ahí y lo obsoleto de las prácticas de cultivo. Lo anterior hace que la asistencia técnica sea deficiente y se dificulte la asimilación tecnológica; hecho que provoca la falta de pies de cría con control de pedigrí en líneas reproductoras para el repoblamiento y acuicultura rural, lo que puede ocasionar una pérdida de su calidad y se puede ver reflejado en la producción pesquera de los embalses.

Por tanto, la preservación de los recursos genéticos naturales debe ir en paralelo con el desarrollo de las actividades acuícolas. Cabe señalar que los antecedentes disponibles no son suficientes y son escasos en los embalses mexicanos con respecto a los recursos pesqueros de tilapia, y los estudios existentes principalmente han sido enfocados en la identificación del grupo de los cíclidos por análisis de los caracteres merísticos y morfométricos (Barriga-Sosa et al., 2004; Narváez et al., 2005; Espinosa-Lemus et al., 2009). Un monitoreo constante de los recursos pes-

queros podría ayudar a inferir si existe una pérdida de la calidad de las poblaciones y permitiría a los actores proponer un plan de repoblamiento de cría, ya que se estima que estas producciones pesqueras están sustentadas en la capacidad de renovación natural de las especies del embalse, en virtud de que no se realiza sumando el poco o nulo desplazamiento y su gran capacidad de reproducción dentro de la misma población.

Un modelo innovador puede ser implementado a través del uso nuevas tecnologías que permitan orientar desde el monitoreo de los recursos biológico que se encuentra disponible en los embalses, así como también del origen de la cría que será utilizada para la repoblación de los mismo, implementado tecnologías innovadoras que permita, caracterizar los recursos genéticos que se tienen como alternativas para tener pesquerías y cultivos más rentable (Sweijdt et al., 2000; Tan et al., 2019). Esto se puede lograr a través de las herramientas biotecnológicas que en la actualidad están contribuyendo, de gran manera, en el proceso de selección, mejoramiento y consolidación de las características genéticas de especies de interés productivo en la genotipificación o caracterización a escala molecular de poblaciones animales (De Siqueira-Silva et al., 2018; Wenne, 2023). El estudio genético de poblaciones de peces y de cualquier otra especie económicamente importante, toma especial relevancia por el impacto que causa a nivel productivo (Mayekar, 2013). En las últimas décadas, la aplicación de las teorías de genética

genética cuantitativa en la mejora de especies que se cultivan ha ido en aumento; y ahora 10 de las 19 especies de interés productivo para ser cultivadas están bajo algún tipo de selección genética (Hershberger, 2006). Lo anterior es el resultado de un aumento en la investigación de las bases genéticas, enfocándose en rasgos fenotípicos (heredabilidad) (Gjerde, 1986; Vandeputte et al., 2008), además, de una adaptación exitosa de los planes de mejoramiento genético diseñado para las especies utilizadas en la acuicultura y repoblamiento (Dupont-Nivet et al., 2006). Estudiar la variabilidad genética en poblaciones silvestres de peces son necesarias con el objetivo de conocer su evolución y poder garantizar su disponibilidad para las futuras generaciones (Lie et al., 2018). El estudio de variabilidad genética permite a las especies de peces conocer si existe una mayor adaptación a los distintos entornos que se encuentran en constante cambio, lo cual es de gran relevancia para poder garantizar su supervivencia y generar datos precisos sobre la estructura genética que permita conservar las poblaciones (Tabatabaei et al., 2020) y a su vez conocer las distintas variaciones que se pueden observar dentro de una población silvestre, las cuales principalmente se deben a mutaciones que se generan de manera espontánea y deriva genética en cualquier población de

peces (Shen et al., 2020). La diversificación y conservación de estas variaciones alélicas, son fundamentales para mantener la pureza genética y así poder conservar las poblaciones (Rougemont et al., 2022). El monitoreo frecuente de las poblaciones de peces en los embalses son fundamentales y necesarios para superar su declive genético (Wang et al., 2021; Mastrochirico Filho et al., 2018), dentro de los de índices de mayor importancia son lo que hacen referencia la importancia de la heterocigosidad, donde se considera uno de los mejores estimadores de la diversidad genética, al ser aplicado a cualquier especie o población de la estructura genética, permitiendo hacer comparaciones (Sheraliev y Peng, 2021). Barajas- González et al. (2021) mencionan que la manipulación de especies por actividad humana se puede ver afectadas negativamente y que la abundancia o número de individuos es el atributo poblacional que sufre un impacto directo e inmediato y pueden ocasionar un rompimiento en el equilibrio genético. En la actualidad los grandes grupos de investigación pesquera están implementando las distintas técnicas biotecnológicas para explicar la diversidad genética de las pesquerías (Mahboob et al., 2019; Mndeme et al., 2020; Nyinondi et al., 2020). Los marcadores de ADN son la herramienta más utilizadas para la conservación de las poblaciones de peces (Dudu et al., 2015). Los marcadores moleculares son un instrumento que ayudan a diferenciar individuos a nivel de ADN, así como también nos permite la selección de crías a una

edad temprana y garantizar la predicción fenotípica en su edad adulta (Cuevas-Rodríguez et al., 2016), también se utilizan para describir parámetros genéticos, tanto en poblaciones de peces de vida marina como continentales (Freeland, 2017). Actualmente existen diferentes biomarcadores como RAPDs, AFLPs, RFLPs y microsatélites, los cuales son usados para estimar la variación genética que han permitido planificar estrategias de conservación (Mastrochirico-Filho et al., 2018), actualmente los marcadores moleculares como los microsatélites están tomando una gran relevancia en estudios para describir la diversidad genética de poblaciones de peces, esto debido a que destacan por su abundancia en los genomas de organismos eucariotas y se presentan en un alto polimorfismo (Radhika et al., 2021). A partir de la información de los marcadores moleculares como microsatélites se puede calcular una gran cantidad de parámetros de diversidad genética; la mayoría de estos datos se pueden aplicar en los diversos niveles de organización como son especie, subespecie, población e individuo (Ahmed et al., 2023) son marcadores moleculares, con altas tasas de mutación y naturaleza codominantes, que permite estimar la diversidad genética entre individuos (Sunnucks, 2000). Estos marcadores también conocidos co-

mo SSR (Simple Sequence Repeats), son fragmentos de ADN de 2 a 6 pares de base de longitud que se repiten varias veces en tándem. Los microsatélites son de tamaño pequeño, y permite que se pueda amplificar el ADN por Reacción en Cadena de la Polimerasa (Ukenye et al., 2016). Por lo tanto y para obtener mejor perspectiva de las variaciones entre las especies, el uso de esta herramienta biotecnológica ha servido para caracterizar genéticamente aquellos individuos con genotipos contrastantes y poder integrarlos a un futuro programa de mejoramiento con fines de conservación, como el descrito por Ali et al. (2020), el cual toman una gran relevancia debido a que se conoce la gran actividad de las pesquerías dentro de los embalses y que se requiere de mantener las especies de peces lo más atractivas posibles, sin embargo una estrategia mal planteada puede encaminarse al declive de una población, tal como se describe para la Presa Benito Juárez en el estado de Oaxaca, donde las poblaciones de tilapia se encontraban en malas condiciones, ya que los pescadores de la zona reportaban bajas capturas, disminución en la talla de los organismos y malformaciones anatómicas, Soto-Hernández et al. (2009) analizaron genéticamente las poblaciones de tilapias de la presa y del laboratorio de producción de donde se realizaban la repoblación del embalse y encontraron que los organismos de ambos lugares presentaron un gran desequilibrio genético; Espinoza-Lemus et al. (2009), utilizaron herramientas genéticas para poder

entender el manejo de las pesquerías de tilapia en dos embalses mexicanos, reportando niveles de diversidad genética bajos comparados con los reportados para poblaciones manejadas adecuadamente, sugiriendo estrategias de manejo adecuadas para ambos embalses. A nivel mundial estas herramientas han sido utilizadas a través del uso de marcadores moleculares para el análisis de estructura genética en tilapia en distintos cuerpos de agua dulce (Lind et al., 2019; Tibihika et al., 2020) tal como lo describen Bhassu et al. (2004) en Malasia donde se estudiaron poblaciones de *Oreochromis* spp., presentando altos niveles de polimorfismo mediante el uso de los loci de microsatélites; del mismo modo Hassanien y Gilbey (2005) evaluaron la diversidad genética y diferenciación entre poblaciones de *O. niloticus* colectados de diferentes áreas geográficas de Egipto utilizando marcadores microsatélites como herramienta, permitiendo extender el conocimiento de la filogeografía de tilapia, su naturaleza y la extensión de la biodiversidad en esta especie. Otros autores como Bezault et al. (2011) describieron la estructura genética de poblaciones naturales de *O. niloticus*, que cubren el espacio-temporal de la especie y su distribución natural en África, utilizando microsatélites como marcador molecular, este estudio reveló patrones jerárquicos claros de la estructuración genética de la

población de *O. niloticus* en África. De modo similar la diversidad genética también fue evaluada en poblaciones silvestres de tilapia del Nilo en el Volta Lake, Ghana, usando marcadores microsatélites la información obtenida de este estudio proporcionó una base de datos esencial para diseñar una estrategia de monitoreo y planificación futura para programas de mejora genética, conservación genética y diversidad en el lago (Mireku et al., 2017). De forma similar un estudio descrito por Sukmanomon et al. (2012) ha permitido comprender la diversidad genética de poblaciones silvestres tailandesas de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, buscando la posible introgresión de otras poblaciones/especies de tilapia y que permitieran la contribución sustancial a la producción de peces de agua dulce en el país.

Estas estrategias pueden ser tomadas en los embalses mexicanos teniendo como objetivo elegir los recursos genéticos que serán usados para alimentar como parte de un desarrollo que permita tener como antecedentes un plan que pueda ser ejecutado y determinar cómo serán explotados, desarrollados y comercializados a través del tiempo y, en especial, la aptitud de los pobladores y las dependencias de los tres órganos de gobierno para el uso correcto del material biológico, la tecnología disponible para este propósito, así como la comercialización en los mercados que permitan abastecer un pueblo en constante expansión.

Conclusiones

Es evidente el alto potencial productivo que tiene los embalses y presas, así como también lo demuestra las especies de tilapia para la pesca de captura continental en el país, por ello, es prioritario realizar trabajos en conjunto entre actores públicos, privados y de investigación para el fortalecimiento a la cadena productiva y la competitividad de la tilapia mexicana, estableciendo líneas puntuales para agregar valor al producto mexicano, mejorando la capacitación, planeación, mercado y logística de este producto así como del uso de nuevas tecnologías y mejorar las prácticas de producción y manejo que permita promover medidas a un futuro sostenible tomando en consideración la conservación de los recursos biológicos pesqueros disponibles en los cuerpos de agua dulce, así como también que permita evidenciar el impacto que puede tener en la ejecución de estrategias y que el conocimiento obtenido, pueda ser un reflejo del aumento en la producción y que permita alimentar una población humana en crecimiento constante.

Agradecimientos

Al programa de Desarrollo Rural, ejercicio 2019. “DIAGNÓSTICO, TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y SOPORTE TÉCNICO PARA ATENDER NECESIDADES DEL PRODETER-EMBALSE (TEPIC DEL NAYAR)”.

Referencias

1. Ahmed, S.M., Hordofa, B., Meressa, B. H., Tamiru, M. 2023. Population structure and genetic diversity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using microsatellite markers from selected water bodies in southwest Ethiopia. *Veterinary Medicine and Science*, 9(5), 2095-2106. <https://doi.org/10.1002/vms3.1212>
2. Abdel-Warith, A. A., Younis, E. M., Al-Asgah, N. A., Wahbi, O. M. 2011. Effect of zinc toxicity on liver histology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Scientific Research and Essays*, 6(17), 3760-3769. <http://www.academicjournals.org/SRE>
3. Aguilar-Ibarra, A., Villanueva-Fragoso, S., Guzmán-Amaya, P., Vázquez-Botello, A. 2006. La contaminación del agua como una externalidad para la producción pesquera y acuícola. EN MÉXICO. 107. <https://ballast-outreach-ucsgep.ucdavis.edu/files/136963.pdf#page=104>
4. Aguilar-Navarro, C. O. 2021. Acceso a Recursos Genéticos en México. *Scientia et PRAXIS*, 1(01), 1-11. ISSN:2954-4041 https://www.researchgate.net/publication/360535823_Acceso_a_Recursos_Geneticos_en_Mexico
5. Ali, F. S., Ismail, M., Aly, W. 2020. DNA barcoding to characterize biodiversity of freshwater fishes of Egypt. *Molecular Biology Reports*, 47(8), DOI <https://doi.org/10.1007/s11033-020-05657-3>
6. Arellano-Torres, A., Hernández-Montaña, D., Meléndez-Galicia, C. 2013. Comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en un lago tropical de México. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1301-1312. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442013000400024&script=sci_arttext
7. Arellanes-Cancino, Y., Ayala-Ortiz, D. A., 2021. Problemática de la pesca en el lago de Pátzcuaro: la invisibilidad entre la práctica y el discurso. Estudios sociales. *Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 31(57). <https://doi.org/10.24836/es.v31i57.1031>
8. Arellanes-Cancino, Y., Ayala-Ortiz, D. A., Medina-Nava, M. 2022. Panorama reciente de la pesca artesanal con perspectiva de género en tres lagos de Michoacán. *Ciencia Pesquera*, 30(1-2), 217-236. https://www.researchgate.net/profile/Yaaye-Arellanes-Cancino/publication/369060340_Current_gender_perspective_of_artisanal_fishing_in_three_Michoacan_lakes/links/64077c350cf1030a567f364e/Current-gender-perspective-of-artisanal-fishing-in-three-Michoacan-lake-s.pdf
9. Arredondo-Figueroa, J. L., Guzmán-Arroyo M. 1985. Situación taxonómica actual de la Tribu Tilapini (Pisces: *Cichlidae*) introducidas en México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie de Zoología*, 56(2), 555-572. <https://anales.ib.unam.mx/index.php?journal=SerZool&page=article&op=view&path%5B%5D=1973>
10. Arreguín-Sánchez, F., Arcos-Huitrón, E. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21 (3), 431-462.

11. Athukorala, D. A., Amarasinghe, U. S. 2010. Status of the fisheries in two reservoirs of the Walawe river basin, Sri Lanka: A case of participation of fishers in management. *Asian Fisheries Science*, 23 (3), 284-300. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31900717/Athukorala_AFS2-libre.pdf?1392393675
12. Barajas-González, D., De la Vega-Machado, M., Paredes-Gallardo, M. A., Pacheco-Hoyos, N., Varela-Romero, A., Grijalva-Chon, J. M. LA LEY DEL EQUILIBRIO GENÉTICO Y SU IMPORTANCIA EN LA CONSERVACIÓN. *Nuestra Tierra*, 1, 1-3. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Manuel-Grijalva-Chon/publication/357824961_La_Ley_del_Equilibrio_Genetico_y_su_importancia_en_la_conservacion/links/61e10013c5e3103375917cc2/La-Ley-del-Equilibrio-Genetico-y-su-importancia-en-la-conservacion.pdf
13. Barajas-Santinelli, J., CEDRSSA. 2017. Diagnóstico Nacional de los Principales Lagos y Embalses Mexicanos en los que se Realiza la Pesca y la Acuacultura. Palacio Legislativo de San Lázaro: CÁMARA DE DIPUTADOS LXIII LEGISLATURA. http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/cedrssa/lxiii/diag_limpes_prinemb_sin.pdf
14. Bartley, D. M., De Graaf, G. J., Valbo-Jørgensen, J., Marmulla, G. 2015. Inland capture fisheries: status and data issues. *Fisheries Management and Ecology*, 22(1), 71-77. <https://doi.org/10.1111/fme.12104>
15. Barriga-Sosa, I., Jiménez-Badillo, M. D. L., Ibáñez, A. L., Arredondo-Figueroa, J. L. 2004. Variability of tilapias (*Oreochromis spp.*) introduced in Mexico: morphometric, meristic and genetic characters. *Journal of Applied Ichthyology*, 20(1), 7-14. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2004.00445.x>
16. Beltrán-Álvarez, R., Sánchez-Palacios, J., Ramírez-Lozano, J. P., Santiago-Amaya, J. A. 2014. Edad y crecimiento de tilapia *Oreochromis aureus* (Cichlidae) en el embalse Eustaquio Buelna, Sinaloa, México. *Ciencia Pesquera*, 22(2), 37-46. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/139832/Ciencia_Pesquera_Vol._22_No._2_Noviembre_2014.pdf
17. Beltrán-Álvarez, R., Audeves-Moreno, M. A., Ortega-Salas, A. A. 2016. Selectividad y tamaño de calidad de la lobina negra *Micropterus salmoides* capturada de manera incidental en el embalse Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa, México. *Ciencia Pesquera*, 24(1), 57-65. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/192269/pdf>
18. Bezault, E., Balaesque, P., Toguyeni, A., Fermon, Y., Araki, H., Baroiller, J. F., Rognon, X. 2011. Spatial and temporal variation in population genetic structure of wild Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) across Africa. *BMC Genetics*, 12, 1-16. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-12-102>
19. Bezaury-Creel, J. E., Ochoa-Pineda, F., Llano-Blanco, M. O., Lasch-Thaler, C., Herron, C., Vázquez-Castañeda, D., Hernández-Ruíz, F. 2017. Agua dulce, conservación de la biodiversidad, protección de los servicios ambientales y restauración ecológica en México. *The Nature Conservancy*. Ciudad de México, México. DOI: <https://10.13140/RG.2.2.10282.31685>

20. Butcher, P. A., Glaubitz, J. C., Moran, G. F. 1999. Applications for microsatellite markers in the domestication and conservation of forest trees. *Forest Genetic Resources Information*, 27, 34-42. <https://openknowledge.fao.org/home>
21. Britton, J. R., Harper, D. M. 2008. Juvenile growth of two tilapia species in Lakes Naivasha and Baringo, Kenya. *Ecology of Freshwater Fish*, 17(3), 481-488. 1600-0633
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2008.00298.x>
22. Brusca, R. C., Álvarez-Borrego, S., Hastings, P. A., Findley, L. T. 2017. Colorado River flow and biological productivity in the Northern Gulf of California, Mexico. *Earth-Science Reviews*, 164, 1-30. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.10.012>
23. Bhassu, S., Yusoff, K., Panandam, J. M., Embong, W. K., Oyyan, S., Tan, S. G. 2004. The genetic structure of *Oreochromis spp.* (Tilapia) populations in Malaysia as revealed by microsatellite DNA analysis. *Biochemical Genetics*, 42, 217-229. <https://doi.org/10.1023/B:BIGI.0000034426.31105.d>
a
24. Calzada-Rovirosa, J. E., Rocatti-Velázquez, M., Galeana, P. 2018. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Colección INEHRM. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/11/5278/21.PDF>
25. CHAPALA UELJ, MEP. NORMA OFICIAL MEXICANA nom-032-sag/pesc-2015, pesca responsable en el lago de Chapala, ubicado en los estados de Jalisco y Michoacán. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5397400&fecha=19/06/2015#gsc.tab=0
26. Chon, J. M. G., Barajas-González, D., De la Vega-Machado, M., Andrea, P. G. M., Pacheco-Hoyos, N., Varela-Romero, A. 2021. La Ley del Equilibrio Genético y su importancia en la conservación. *Nuestra Tierra*, 18(36), 13-15. http://www.erno.geologia.unam.mx/uploads/nuestra-tierra/archivos/36/Revista_Nuestra_tierra_Ed36_web.pdf
27. Canonico, G. C., Arthington, A., McCrary, J. K., Thieme, M. L. 2005. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15(5), 463-483. <https://doi.org/10.1002/aqc.699>
28. Cassemiro, F. A., Bailly, D., da Graça, W. J., Agostinho, A. A. 2018. The invasive potential of tilapias (Osteichthyes, Cichlidae) in the Americas. *Hydrobiologia*, 817, 133-154. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3471-1>
29. CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2018. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, Mazatlán, México. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca>
30. CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2020. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, Mazatlán, México. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca>

31. CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2021. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, Mazatlán, México.
<https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca>
32. CONAGUA y SEMARNAT (2009) Atlas del agua en México 2009.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259343/_2009__Atlas_del_Agua_en_M_xico_2009.compressed.pdf
33. CONAGUA - SEMARNAT – (Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2015. Estadísticas del Agua en México, edición 2015. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Planeación. México. - 01/05/2017
<https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2015.pdf>
34. Cooke, S. J., Allison, E. H., Beard, T. D., Arlinghaus, R., Arthington, A. H., Bartley, D. M., Welcomme, R. L. 2016. On the sustainability of inland fisheries: Finding a future for the forgotten. *Ambio*, 45, 753-764.
<https://doi.org/10.1007/s13280-016-0787-4>
35. Cuéllar-Lugo, M. B., Asiain-Hoyos, A., Juárez-Sánchez, J. P., Reta-Mendiola, J. L., Gallardo-López, F. 2018. Evolución normativa e institucional de la acuacultura en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(4), 541-564.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722018000400541&script=sci_arttext
36. Cuevas-Rodríguez, B. L., Sifuentes-Rincón, A. M., Ambriz-Morales, P., García-Ulloa, M., Valdez-González, F. J., Rodríguez-González, H. 2016. Novel single nucleotide polymorphisms in candidate genes for growth in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 345-348.
<https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000600009>
37. Cuevas-Rodríguez, B. L., Rubio-Gómez, W. K., Granados-Amores, J., Dueñas-Romero, J. J., Valdez-González, F. J., Sandoval-Castro, E. Zavala-Leal, O. I. 2024. Analysis of the pharyngeal structure of the genus *Oreochromis* for species identification through geometric morphometrics in the Aguamilpa reservoir, Nayarit, Mexico. *Zoologischer Anzeiger*, 313, 183-190.
38. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2004. *Pesca responsable en el lago de Catemaco, ubicado en el estado de Veracruz. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros (NOM-041-PESC-2004)*. Norma Oficial Mexicana.
<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/1943/sagarpa/sagarpa.htm>
39. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2004. *Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera*, en Diario Oficial de la federación, 15 de marzo de 2004.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=680061&fecha=15/03/2004#gsc.tab=0
40. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2007. *Ley general de Pesca y Acuicultura Sustentable*, en Diario Oficial de la Federación, 24 de julio de 2007.
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPAS.pdf>

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5046978&fecha=18/06/2008#gsc.tab=0

41. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2008. *Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*.

42. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2012. *Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*, 6.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249902&fecha=06/06/2012#gsc.tab=0

43. Archivo General de la Nación (AGN). (2022). *Boletín del Archivo General de la Nación*, 9(11), 521–530.
<https://bagn.archivos.gob.mx/index.php/legajos/articulo/view/2014>

44. De La Lanza, E. G. y García, C. J. L. 2002. *Lagos y presas de México*. AGT Editor S.A., México City, México. 401-420.
<https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-ECOSUR:63128>

45. De Siqueira-Silva, D. H., Saito, T., dos Santos-Silva, A. P., da Silva Costa, R., Psenicka, M., Yasui, G. S. 2018. Biotechnology applied to fish reproduction: tools for conservation. *Fish Physiology and Biochemistry*, 44(6), 1469-1485.
<https://doi.org/10.1007/s10695-018-0506-0>

46. Domínguez, J. 2019. La construcción de presas en México. Evolución, situación actual y nuevos enfoques para dar viabilidad a la infraestructura hí-

drica. *Gestión y Política Pública*, 28(1), 3-37.
<https://doi.org/10.29265/gypv.v28i1.551>

47. Deng, J. M., Wang, Y., Chen, L. Q., Mai, K. S., Wang, Z., Zhang, X. 2017. Effects of replacing plant proteins with rubber seed meal on growth, nutrient utilization and blood biochemical parameters of tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). *Aquaculture Nutrition*, 23(1), 30-39.
<https://doi.org/10.1111/anu.12355>

48. Dudu, A., Georgescu, S. E., Costache, M. 2015. Evaluation of genetic diversity in fish using molecular markers. *Molecular Approaches to Genetic Diversity*, 165-193.
[HTTPS://DX.DOI.ORG/10.5772/60423](https://doi.org/10.5772/60423)

49. Dudgeon, D. 2000. Riverine biodiversity in Asia: a challenge for conservation biology. *Hydrobiologia*, 418, 1-13.
<https://doi.org/10.1023/A:1003998519910>

50. Dupont-Nivet, M., Vandeputte, M., Haffray, P., Chevassus, B. 2006. Effect of different mating designs on inbreeding, genetic variance and response to selection when applying individual selection in fish breeding programs. *Aquaculture*, 252 (2-4), 161-170.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.07.005>

51. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. *Norma Oficial Mexicana NOM-026-SAG/PESC-2016: Que establece regulaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros en el embalse de la presa Aguamilpa, ubicado en el estado de Nayarit*. Diario Oficial de la Federación.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5451351&fecha=06/09/2016#gsc.tab=0

52. Espinosa-Lemus, V., Arredondo-Figueroa, J. L., Barriga-Sosa, I. D. L. A. 2009. Morphometric and genetic characterization of tilapia (Cichlidae: Tilapiini) stocks for effective fisheries management in two Mexican reservoirs. *Hidrobiológica*, 19(2), 95-107. <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188>
53. Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 450-459. <https://doi.org/10.7550/rmb.32264>
54. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2010. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 219 pp.
55. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. *The state of world fisheries and aquaculture 2014*. <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>
56. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2020. *The state of world fisheries and aquaculture. La sostenibilidad en acción*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
57. Fernando, C. H., Holčík, J. 1991. Fish in reservoirs. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 76(2), 149-167. <https://doi.org/10.1002/iroh.19910760202>
58. Freeland, J. R. 2017. The importance of molecular markers and primer design when characterizing biodiversity from environmental DNA. *Genome*, 60(4), 358-374. <https://doi.org/10.1139/gen-2016-0100>
59. Fricke, R., Eschmeyer, W. N., Van der Laan, R. 2018. Catalog of fishes: genera, species, references. California Academy of Sciences, San Francisco, CA, USA https://www.researchgate.net/publication/303633861_Catalog_of_Fishes_Genera_Species_References
60. Gaspar-Dillanes, M., Hernández-Montaño, D. 2013. *Pesquerías continentales de México*. 9-14. México: Instituto Nacional de Pesca. http://inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/LIBROS/librosdivulgacion/Pesca_continent_al_web.pdf
61. Gjerde, B. (1986). Growth and reproduction in fish and shellfish. *Aquaculture*, 57(1-4), 37-55. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90179-1](https://doi.org/10.1016/0044-8486(86)90179-1)
62. Hassanien, H. A., Gilbey, J. 2005. Genetic diversity and differentiation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) revealed by DNA microsatellites. *Aquaculture Research*, 36 (14), 1450-1457. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01368.x>
63. Hernández, A. M., Escobar, V., & Zavaleta, D. G. 1993. Actualización del estudio de manejo y explotación acuícola de los embalses en México. *En Avances en el manejo y aprovechamiento acuícola de embalses en América Latina y el Caribe: Documento de campo, II Taller regional sobre manejo y explotación acuícola de embalses* (México, DF, 19-21 agosto 1992). <https://www.fao.org/3/ab488s/AB488S00.htm>
64. Hershberger, W. K. 2006. What can history tell us about the future of aquaculture genetics. *The Israeli Journal of Aquaculture*

Bamidgeh, 58(4).

<https://evols.library.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/91a23a2e-1ae6-4b87-b3c2-17b06e2c4fff/content>

65. Ibáñez, A. L., Pérez-Ramírez, M., García-Calderón, J. L. 2014. Institutional development of freshwater fish stocking in Mexico. *Journal of Fish Biology*, 85(6), 2003-2009. <https://doi.org/10.1111/jfb.12496>

66. Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA), Dirección General de Investigación Pesquera Bahía de Banderas, Nayarit. (2020). *Informe final de investigación 2020: Pesquería de aguas continentales en el estado de Nayarit; evaluación y seguimiento de las pesquerías en las presas en Cajón y Aguamilpa, Nayarit, México*. <https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/transparencia/planes-programas-informes/Informe-de-Autoevaluacion-3T2020.pdf>

67. Janjua, M. Y., Ahmad, T., Gerdeaux, D. 2008. Comparison of different predictive models for estimating fish yields in Shahpur Dam, Pakistan. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 13(4), 319-324. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2008.00377.x>

68. Khalifa, N. S. A., Belal, I. E. H., El-Tarabily, K. A., Tariq, S., Kassab, A. A. 2018. Evaluation of replacing fish meal with corn protein concentrate in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings commercial diet. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 143-152. <https://doi.org/10.1111/anu.12542>

69. Latini, A. O., Mormul, R. P., Giacomini, H. C., Di Dario, F., Vitule, J. R. S., Reis, R. E., Vidal, N. 2021.

Brazil's new fish farming Decree threatens freshwater conservation in South America. *Biological Conservation*, 263, 109353. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109353>

70. Li, D., Wang, S., Shen, Y., Meng, X., Xu, X., Wang, R., Li, J. 2018. A multiplex microsatellite PCR method for evaluating genetic diversity in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture and Fisheries*, 3(6), 238-245. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.09.001>

71. Lind, C. E., Agyakwah, S. K., Attipoe, F. Y., Nugent, C., Crooijmans, R. P., Toguyeni, A. 2019. Genetic diversity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) throughout West. *Africa Scientific Reports*, 9(1), 16767. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53295-y>

72. Lynch, A. J., Cowx, I. G., Fluet-Chouinard, E., Glaser, S. M., Phang, S. C., Beard, T. D., Youn, S. J. 2017. Inland fisheries—Invisible but integral to the UN Sustainable Development Agenda for ending poverty by 2030. *Global Environmental Change*, 47, 167-173. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.005>

73. Magouz, F. I., Dawood, M. A., Salem, M. F., Mohamed, A. A. 2020. The Effects of Fish Feed Supplemented with Meal on the Growth Performance, Digestive Enzyme Activity, and Health Condition of Genetically-Improved Farmed Tilapia (). *Annals of Animal Science*, 20(3), 1029-1045. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0016>

74. Mahboob, S., Al-Ghanim, K. A., Al-Misned, F., Al-Balawi, H. A., Ashraf, A., Al-Mulhim, N. M. 2019. Genetic diversity in tilapia populations in a freshwater reservoir

assayed by randomly amplified polymorphic DNA markers. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(2), 363-367.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.11.015>

75. Marques, R. C., Dórea, J. G., McManus, C., Leao, R. S., Brandao, K. G., Malm, O. 2011. Hydroelectric reservoir inundation (Rio Madeira Basin, Amazon) and changes in traditional lifestyle: impact on growth and neurodevelopment of pre-school children. *Public Health Nutrition*, 14(4), 661-669.
<https://doi.org/10.1017/S136898001000248X>

76. Mastrochirico-Filho, V.A., Freitas, M. V., Ariede, R. B., Lira, L. V., Mendes, N. J., Hashimoto, D. T. 2018. Genetic applications in the conservation of Neotropical freshwater fish. *Biological Resources of Water*. London: Intechopen, 249-84.
<http://dx.doi.org/10.5772/interchopen.73207>

77. Martínez, R. S. 1989. Embalses: Alteración y regulación de cauces. *Norba: Revista de geografía*, (6), 13-20. file:///C:/Users/breid/Downloads/Dialnet-Embalses-109705.pdf

78. Mayekar, T. S., Salgaonkar, A. A., Koli, J. M., Patil, P. R., Chaudhari, A., Pawar, N., Kapse, P. 2013. Biotechnology and its applications in aquaculture and fisheries. *Aquafind-Aquat Fsh Database*.
https://www.researchgate.net/profile/Koli/publication/336982982_

79. Mendoza-Carranza, M., Arévalo-Frías, W., Espinoza-Tenorio, A., Hernández-Lazo, C. C., Álvarez-Merino, A. M., Rodiles-Hernández, R. 2018. La importancia y diversidad de los recursos pes-

queros del río Usumacinta, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 131-146.
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2182>

80. Mireku, K. K., Kassam, D., Changadeya, W., Attipoe, F. Y. K., Adinortey, C. A. 2017. Assessment genetic variations of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in the Volta Lake of Ghana using microsatellite markers. *African Journal of Biotechnology*, 16 (7), 312-321.
<https://DOI:10.5897/AJB2016.15796>

81. Moreno, A.S. 2019. Cultura lacustre y pesca artesanal en el Lago de Chapala, México: alimentación, ingresos y comercialización1. *WATERLAT GOBACIT. WATERLAT-GOBACIT NETWORK Working Papers Thematic Area Series, TA6 - Vol 6 N° 1*.
<http://waterlat.org/es/encuentros/public-meetings/waterlat-gobacit-viii-san-jose-2017/>

82. Mndeme, M., Shoko, A., Limbu, S., Mwita, C. 2020. Genetic diversity among tilapia species farmed at Chita in Kilombero, Morogoro Region, Tanzania. *Tanzania Journal of Science*, 46(1), 31-41. DOI:
<https://ajol.info/index.php/tjs/article/view/194814>

83. Narváez, J. C., Acero, A., Blanco, J. 2005. Variación morfométrica en poblaciones naturalizadas y domesticadas de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) en el norte de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales*, 29, 383-394.
[https://doi.org/10.18257/raccefyn.29\(112\).2005.2172](https://doi.org/10.18257/raccefyn.29(112).2005.2172)

84. Nyinondi, C. S., Mtolera, M. S., Mmochi,

- A. J., Lopes-Pinto, F. A., Houston, R. D., de Koning, D. J., Palaikostas, C. 2020. Assessing the genetic diversity of farmed and wild Rufiji tilapia (*Oreochromis urolepis urolepis*) populations using ddRAD sequencing. *Ecology and Evolution*, 10(18), 10044-10056. <https://doi.org/10.1002/ece3.6664>
85. Onofre, G. L. O., Carbajal, M. D. L. L. M. 2015. Sistema productivo local en Michoacán: la actividad pesquera en Mariano Escobedo, Cuitzeo. *Economía y Sociedad*, 19(32), 15-40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5371164>
86. Ortega-Gaucin, D., Velasco, I. 2013. Aspectos Socioeconómicos y ambientales de las Sequías en México. *Aqua-lac*, 5(2), 78-90. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2013-v5-2-08>
87. Paul, T. T., Salim, S. S., Manoharan, S., Sarkar, U. K., Das, B. K. 2020. Understanding variations in socio-economic vulnerabilities and the strategies adopted by small scale fishing communities of tropical reservoirs. *Fisheries Research*, 226, 105523. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105523>
88. Pedroza-Gutiérrez, C. 2014. Informalidad e intermediación en el sector primario: un estudio comparativo de pesca marina y continental. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(3), 233-247. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282014000300004&script=sci_arttext
89. Pedroza-Gutiérrez, C. 2018. Pesca continental: retos y perspectivas, el caso de México. *Coordinación de Humanidades-UNAM. México*. 172 p. <https://www.libros.unam.mx/pesca-continental-retos-y-perspectivas-el-caso-de-mexico-9786073003117-libro.html>
90. Pedroza-Gutiérrez, C., López-Rocha, J. A. 2016. Key constraints and problems affecting the inland fishery value chain in central Mexico. *Lake and Reservoir Management*, 32(1), 27-40. <https://doi.org/10.1080/10402381.2015.1107666>
91. Prabu, E., Rajagopalsamy, C. B. T., Ahilan, B., Jeevagan, I. J. M. A., Renuhadevi, M. J. A. R. 2019. Tilapia—an excellent candidate species for world aquaculture: a review. *Annual Research & Review in Biology*, 31(3), 1-14. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330052>
92. Peña-Messina, E., Tapia-Varela, R., Velázquez-Abunader, J. I., Orbe-Mendoza, A. A., Ruiz-Velazco-Arce, J. M. D. J. 2010. Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa Reservoir, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 1577-1586. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000400040&script=sci_arttext
93. Radhika, G., Aravindakshan, T. V., Thomas, S. 2021. Estimation of genetic diversity in domestic animals using microsatellites. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation*, 10(5S), 677- 683. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2021/vol10issue5S/PartJ/S-10-5-46-673.pdf>
94. Radigan, W. J., Fincel, M. J. 2022. Factors affecting the abundance of age-0 sport fish in four mainstem Missouri River reservoirs. *Fisheries Management and Ecology*, 29 (1), 57-68. <https://doi.org/10.1111/fme.12509>
95. Rojas-Carrillo, P., Fernández-Méndez, J. I.

2006. La pesca en aguas continentales. EN MÉXICO, 49.
<https://ballast-outreach-ucsgep.ucdavis.edu/files/136963.pdf#page=48>
96. Rougemont, Q., Perrier, C., Besnard, A. L., Lebel, I., Abdallah, Y., Feunteun, E., Launey, S. 2022. Population genetics reveals divergent lineages and ongoing hybridization in a declining migratory fish species complex. *Heredity*, 129(2), 137-151.
<https://doi.org/10.1038/s41437-022-00547-9>
97. Stankus, A. 2021. State of world aquaculture 2020 and regional reviews: FAO webinar series. *FAO Aquaculture Newsletter*, (63), 17-18.
<https://www.proquest.com/openview/922b1456033cf6de31b98dd9e1fa6759/1?pq-origsite=gscholar&cbl=237326>
98. Tsegay, T., Natarajan, P., Zelealem, T. (2016). Analysis of diet and biochemical composition of Nile Tilapia (*O. niloticus*) from Tekeze Reservoir and Lake Hashenge, Ethiopia. *Journal of Fisheries & Livestock Production*. 4(2), 1-7.
<http://dx.doi.org/10.4172/2332-2608.1000172>
99. Samaradivakara, S. P., Hirimuthugoda, N. Y., Gunawardana, R. H. A. N. M., Illeperuma, R. J., Fernando-Pulle, N.D., Silva, A. D., Alexander, P. A. B. D. 2012. Morphological variation of four tilapia populations in selected reservoirs in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*, 23(2).
http://www.pgia.ac.lk/files/Annual_congress/journal/v24_2/Journal/2.Samaradivakara.pdf
100. Sheraliev, B., Peng, Z. 2021. Molecular diversity of Uzbekistan's fishes assessed with DNA barcoding. *Scientific Reports*, 11(1), 16894. DOI
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-96487-1>
101. Sandoval-Moreno, A. 2015. Pesca artesanal y riesgos a la diversidad biocultural en el Lago de Chapala, México. *Desigualdad, injusticia y cambio social: la suerte de las comunidades de pesca artesanal en América Latina*, 11-33.
<http://waterlat.org/WPapers/WPSATCTH24.pdf>
102. Sandoval, A., García, A. H. 2013. Cambios socio ambientales y crisis de los pescadores en el lago de. *Ambiente y Desarrollo*, 17(32), 9-28.
[file:///C:/Users/breid/Downloads/adminpujojs,+AyD+17-32+Art%C3%ADculo+1%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/breid/Downloads/adminpujojs,+AyD+17-32+Art%C3%ADculo+1%20(2).pdf)
103. Shen, X., Jin, G., Zhao, Y., Shao, X. 2020. Prevalence and distribution analysis of antibiotic resistance genes in a large-scale aquaculture environment. *Science of the total environment*, 711, 134626.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134626>
104. Shechonge, A., Ngatunga, B. P., Bradbeer, S. J., Day, J. J., Freer, J. J., Ford, A. G., Genner, M. J. 2019. Widespread colonisation of Tanzanian catchments by introduced *Oreochromis* tilapia fishes: the legacy from decades of deliberate introduction. *Hydrobiologia*, 832, 235-253.
<https://doi.org/10.1007/s10750-018-3597-9>
105. Solano, D. H. 2013. Metodología para el muestreo de ictiofauna de aguas continentales con atarrayas. *Repertorio Científico*, 16(2), 73-79.
<https://doi.org/10.22458/rc.v16i2.2517>
106. Soto-Hernández, J., Velasco-Murillo, A., Grijalva-Chon, J. M. 2009. When low genetic variability in feral and hatchery-reared tilapia becomes a vicious circle: *Oreochromis niloticus* from Oaxaca, Mexico. *Aquaculture*

International, 17, 469-478.

<https://doi.org/10.1007/s10499-008-9217-3>

107. Sunnucks, P. 2000. Efficient genetic markers for population biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(5), 199-203.

[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01825-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01825-5)

108. Sukmanomon, S., Senanan, W., Kapuscinskiar, Nanakorn, U. 2012. genetic diversity of feral populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in thailand and evidence of genetic introgression. *Agriculture and Natural Resources*, 46(2), 200-216.

<https://www.thaiscience.info/journals/Article/TKJN/10898176.pdf>

109. Sweijid, N. A., Bowie, R. C. K., Evans, B. S., Lopata, A. L. 2000. Molecular genetics and the management and conservation of marine organisms. *Hydrobiologia*, 420, 153-164.

<https://doi.org/10.1023/A:1003978831621>

110. Tan, M. P., Wong, L. L., Razali, S. A., Afiqah-Aleng, N., Mohd-Nor, S. A., Sung, Y. Y., Danish-Daniel, M. 2019. Applications of next-generation sequencing technologies and computational tools in molecular evolution and aquatic animals conservation studies: A short review. *Evolutionary Bioinformatics*, 15.

<https://doi.org/10.1177/1176934319892284>

111. Tabatabaei, S. N., Abdoli, A., Hashemzadeh-Segherloo, I., Normandeau, E., Ahmadzadeh, F., Nejat, F., Bernatchez, L. 2020. Fine-scale population genetic structure of Endangered Caspian Sea trout, *Salmo caspius*: implications for conservation. *Hydrobiologia*, 847, 3339-3353.

<https://doi.org/10.1007/s10750-020-04334-7>

112. Teame, T., Zebib, H., Meresa, T. 2018. Observations on the biology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., in Tekeze Reservoir, Northern Ethiopia. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 10(7), 86-94.

<https://doi.org/10.5897/IJFA2017.0637>

113. Telléz-Castañeda, H. 2021. Acuicultura de Tilapia en México: Evaluación con enfoque en el desempeño social y económico. *Revista Panorama Acuicola*, 23 (3), 57-62
https://issuu.com/designpublications/docs/-bloq-panorama_acuicola_26-3_marzo_abril_2021

114. Tibihika, P. D., Curto, M., Alemayehu, E., Waidbacher, H., Masembe, C., Akoll, P., Meimberg, H. 2020. Molecular genetic diversity and differentiation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L. 1758) in East African natural and stocked populations. *BMC Evolutionary Biology*, 20, 1-20.

<https://doi.org/10.1186/s12862-020-1583-0>

115. Tranvik, L. J., Downing, J. A., Cotner, J. B., Loiselle, S. A., Striegl, R. G., Ballatore, T. J., Weyhenmeyer, G. A. 2009. Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnology and Oceanography*, 54(6part2), 2298-2314.

[HTTPS://DOI.ORG/10.4319/LO.2009.54.6_PART_2.2298](https://doi.org/10.4319/LO.2009.54.6_PART_2.2298)

116. Tsegay, T., Natarajan, P., Zelealem, T. 2016. Analysis of diet and biochemical composition of Nile Tilapia (*O. niloticus*) from Tekeze Reservoir and Lake Hashenge, Ethiopia. *Journal of Fisheries & Livestock Production*, 4(2), 1-7.

<http://dx.doi.org/10.4172/2332-2608.1000172>

117. Ukenye, E. A., Taiwo, I. A., Oguntade, O. R., Oketoki, T. O., Usman, A. B. 2016. Molecular characterization and genetic diversity assessment of *Tilapia guineensis* from some coastal rivers in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 15(1), 20-28. <https://doi.org/10.5897/AJB2015.14599>
118. Ukenye, E. A., Megbowon, I. 2023. Comparison of genetic diversity of farmed *Oreochromis niloticus* and wild unidentified tilapia (Wesafu) using microsatellite markers. *Biodiversitas Journal*, 24(5). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240550>
119. Vandeputte, M., Kocour, M., Mauger, S., Rodina, M., Launay, A., Gela, D., Linhart, O. 2008. Genetic variation for growth at one and two summers of age in the common carp (*Cyprinus carpio* L.): Heritability estimates and response to selection. *Aquaculture*, 277(1-2), 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.009>
120. Van-Doan, H., Hoseinifar, S., Sringarm, H., Jaturasitha, K., Yuangsoi, S. B., Dawood, B. M. A., Faggio, C. 2019. Effects of Assam tea extract on growth, skin mucus, serum immunity and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) against *Streptococcus agalactiae*. *Fish & Shellfish Immunology*, 93, 428-435. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.07.077>
121. Wang, M., Lu, M. 2016. Tilapia polyculture: a global review. *Aquaculture Research*, 47(8), 2363-2374. <https://doi.org/10.1111/are.12708>
122. Wang, Y., Wen, H., Zhai, D., Liu, H., Xiong, F. 2021. DNA barcoding for identification of fishes in Xiangjiaba reservoir area in the downstream section of the Jinsha river. *Conservation Genetics Resources*, 13, 201-208. <https://doi.org/10.1007/s12686-021-01196-6>
123. Welcomme, R. L. 2011. An overview of global catch statistics for inland fish. *ICES Journal of Marine Science*, 68(8), 1751-1756. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr035>
124. Wenne, R. 2023. Microsatellites as molecular markers with applications in exploitation and conservation of aquatic animal populations. *Genes*, 14(4), 808. <https://doi.org/10.3390/genes14040808>
125. Wong, S., Lau, S., Woo, P., Yuen, K. Y. 2007. Bats as a continuing source of emerging infections in humans. *Reviews in Medical Virology*, 17(2), 67-91. <https://doi.org/10.1002/rmv.520>