

# Estudios Sociales

Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional

Volumen 33, Número 62. Julio – Diciembre 2023

Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169

---

## Artículo

La producción de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)  
en México como una alternativa para fortalecer la seguridad alimentaria nacional

The production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)  
in Mexico as an alternative to strengthen national food security

DOI: <https://www.doi.org/10.24836/es.v33i62.1322>  
e231322

Ricardo Urías-Sotomayor\*

<https://orcid.org/0000-0002-7020-061X>

Alfonso Nivardo Maeda-Martínez\*

<https://orcid.org/0000-0003-4185-4902>

Fecha de recepción: 04 de enero de 2023.

Fecha de aceptación: 07 de julio de 2023.

\*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

Autor para correspondencia: Alfonso Nivardo Maeda-Martínez

Unidad Nayarit. Calle Dos No. 23.

Ciudad del Conocimiento. Av. Emilio M. González.

Ciudad Industrial. C. P. 63173. Tepic, Nayarit, México.

Teléfono: +52 (311) 160 1882.

Dirección electrónica: [amaeda04@cibnor.mx](mailto:amaeda04@cibnor.mx)

---

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.  
Hermosillo, Sonora, México.



## Resumen

**Objetivo:** proponer alternativas para fortalecer la seguridad alimentaria nacional a partir de la producción de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*, **Metodología:** se analiza la producción de tilapia en México de 1994 a 2020; se analiza la balanza comercial de las importaciones y exportaciones de tilapia de 2006 a 2020 y se analiza el consumo nacional *per cápita* de productos pesqueros de 1970 a 2020. **Resultados:** la producción acuícola nacional de tilapia de 1994 a 2020 presentó una tendencia al alza, con un promedio anual de 86,135 t, cuya producción osciló entre 61,516 t en 2003 y 152,840 t en 2016. En 2020 se produjeron 96,977 t, de las cuales el 56.6 % provinieron de sistemas controlados y el 43.3 % de pesquerías basadas en el cultivo en embalses. La producción de alevines de tilapia de 1994 a 2020 se relacionó moderadamente con la producción acuícola en sistemas controlados ( $r=0.50459040$ ,  $p < 0.05$ ). **Limitaciones:** A partir de 2000 el gobierno federal disminuyó sensiblemente la operación de los centros acuícolas a su cargo, dedicados a la producción de alevines de tilapia, mientras que a partir de 2006 el sector privado se incorporó a esta actividad productiva. **Conclusiones:** la tilapia del Nilo *O. niloticus* constituye un recurso pesquero clave para fortalecer la seguridad alimentaria nacional por los atributos biológicos que favorecen su cultivo.

**Palabras clave:** desarrollo regional, *Oreochromis niloticus*, tilapia, acuicultura, seguridad alimentaria, México.

## Abstract

**Objective:** Propose alternatives to strengthen national food security from the production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Methodology:** An analysis of tilapia production in Mexico from 1994 to 2020; the production of tilapia fingerlings from 1985 to 2021; the trade balance of imports and exports of tilapia from 2006 to 2020 is analyzed and the national per capita consumption of fishery products from 1970 to 2020 is analyzed. **Results:** The national aquaculture production of tilapia from 1994 to 2020 presented an upward trend, with an annual average of 86,135 t, whose production oscillated between 61,516 t in 2003 and 152,840 t in 2016. In 2020, 96,977 t were produced, of which 56.6 % came from controlled systems and 43.3 % from fisheries based in cultivation in reservoirs. Production of tilapia fingerlings from 1994 to 2020 was moderately related to aquaculture production in controlled systems ( $r=0.50459040$ ,  $p < 0.05$ ). **Limitations:** As of 2000, the federal government significantly reduced the operation of the aquaculture centers under its responsibility, dedicated to the production of tilapia fingerlings, while as of 2006 the private sector joined this productive activity. **Conclusions:** The Nile tilapia *O. niloticus* constitutes a key fishing resource to strengthen national food security.

**Keywords:** regional development, *Oreochromis niloticus*, tilapia, aquaculture, food security, México.

## **Introducción**

La producción mundial de pescados y mariscos provenientes de la pesca y la acuicultura. En 2020 alcanzó 177.8 millones de toneladas, de las cuales el 50.8% correspondió a actividades de pesca, mientras que el 49.2% restante provino de actividades acuícolas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2022). Estas últimas presentan, desde 1990, una marcada tendencia al alza. La tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* constituye a nivel mundial el segundo grupo de peces que más se cultiva (después de las carpas herbívora *Ctenopharyngodon idella* y plateada *Hypophthalmichthys molitrix*), cuya producción acuícola, en 2020, alcanzó un volumen de 4.4 millones de toneladas (FAO, 2022), con lo que se logró una aportación significativa a la seguridad alimentaria del orbe, ya que dicho recurso pesquero contribuyó con el 5% de la producción acuícola mundial.

En México, la producción pesquera y acuícola ascendió en 2020 a 1'950,011 t, de las cuales, el 82% correspondió a la pesca, mientras que el 18% provino de la acuicultura. Entre los recursos pesqueros más abundantes que se capturan se destaca la sardina, el camarón y el atún, mientras que en la industria acuícola nacional las especies más representativas por sus volúmenes de producción son el camarón blanco *Penaeus vannamei* y la tilapia *O. niloticus* (Conapesca, 2020).

En este estudio se hace un análisis de la producción acuícola nacional de tilapia registrada de 1994 a 2020 provenientes de sistemas controlados y de pesquerías basadas en el cultivo; se analiza la producción de alevines de tilapia de 1985 a 2021 por parte de los centros acuícolas a cargo de los sectores público y privado, se analizan también las importaciones y exportaciones de tilapia, así como el consumo per cápita nacional de productos pesqueros comestibles de 1970 a 2020 y la relación que guarda con el consumo per cápita mundial.

En este contexto, se proponen alternativas para fortalecer la seguridad alimentaria nacional, a fin de mejorar el nivel de aprovechamiento de la tilapia como recurso pesquero, por lo cual se reconoce que un adecuado manejo acuícola del recurso puede generar beneficios directos significativos en la socioeconomía de las diferentes regiones del país donde se cultive, por virtud de ser fuente generadora de alimentos de alto valor proteínico, de empleos y de derrama económica, principalmente.

### *Marco teórico*

La tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* es un pez tropical considerado idóneo para el cultivo, ya que sus cualidades biológicas le ofrecen grandes ventajas competitivas en comparación con otros peces, entre las que destacan su rápido crecimiento corporal, resistencia a ambientes con cambios en la temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y pH en el agua, así como su resistencia a enfermedades, fácil reproducción y adaptabilidad a su manejo y alimentación en condiciones de cautiverio (DOF, 2021; FAO, 2009; Isiordia-Pérez, Isiordia-Cortez, Cuevas-Rodríguez, Ruiz-Velazco-Arce y Bautista-Covarrubias, 2021; Pérez, Sáenz y Martínez, 2015).

*Oreochromis niloticus* representa la especie de tilapia que más se cultiva a nivel mundial, cuya predominancia en respecto a otros cultivos se estima en 85% (Zimmermann, 2005). La tilapia presenta una resiliencia media (Martell y Froese, 2013), tiene una corta edad de primera reproducción (3-6 meses), fecundidad de 1000-1,500 huevos por hembra (FAO, 2009) y rápido crecimiento individual en peso. Según estimaciones indican que a los 120 días de cultivo en jaulas flotantes, se puede alcanzar un peso de  $453.3 \pm 114.1$  g y una talla de  $26.6 \pm 5.6$  cm con una ganancia de 3.77 g/día y de 0.22 cm/día, respectivamente y que se registran tasas de sobrevivencia del orden de 75.12% como mínimo y 89.45% como máximo (Isiordia-Pérez et al., 2021). La tilapia del Nilo *O. niloticus* es originaria de África fue introducido a México en

1964 proveniente de Alabama, Estados Unidos de América; actualmente se encuentra ampliamente distribuida en los Estados Unidos Mexicanos.

La tecnología denominada reversión sexual, en la que se agrega al alimento del pez para su ingesta la hormona denominada 17- $\alpha$ -metiltestosterona, la cual promueve la masculinización de los lotes de alevines, con una eficacia del 95%, marcó un avance significativo en el desarrollo de la industria acuícola mundial. Ello se debió a que los animales en cultivo incrementan significativamente su crecimiento y engorda. Algunos autores mencionan que estas reversiones en peces para la “masculinización” (con 17 $\alpha$ -metiltestosterona)” y la “feminización” (con E2 o 17 $\beta$ -estradiol), han sido posible mediante el empleo de 31 esteroides diferentes, en 47 especies de peces de las familias Cichilidae, Cyprinodontidae, Anabantidae, Poecilidae, Salmonidae y Cyprinidae (Yamasaki, 1983; Hunter y Donaldson, 1983; Pandian y Sheela, 1995).

México cuenta con un potencial importante en materia de recursos hídricos que constituyen los hábitats de diferentes especies acuáticas, entre los que se destacan 29,000 km<sup>2</sup> de cuerpos de agua interiores. En ellos es donde la mayor parte de estos recursos superficiales se localizan en los ríos, seguidos por presas, acuíferos, lagos y lagunas. Se reconocen 653 acuíferos, 51 ríos principales que representan el 87% del escurrimiento superficial y cuyas cuencas cubren el 65% de la superficie del país; cerca de 70 lagos con extensiones entre 1,000 y más de 10,000 ha. Los ríos y arroyos conforman una red hidrográfica de aproximadamente 633 mil km de longitud. El 69% del escurrimiento natural de agua deriva de las cuencas de los ríos Balsas, Santiago, Verde, Ometepe, Fuerte, Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Pánuco, Tecolutla, Bravo y Tonalá. Para fines de control administrativo del agua, el país está delimitado en 757 cuencas hidrológicas, agrupadas en 37 regiones hidrológicas. Se estima que 115 de los 653 acuíferos se encuentran en situación de sobreexplotación, derivado del incremento en la extracción de agua en cuencas y acuíferos del

país y se estima que en aproximadamente 69 de las 757 cuencas hidrológicas se presenta una relación deficitaria de agua, debido a que el caudal asignado es mayor que el del agua renovable (DOF, 2020a).

Se cuenta con una infraestructura hidráulica consistente en más de 5 mil cuerpos de agua epicontinentales constituidos por presas y bordos con una capacidad total de almacenamiento estimada en 150 mil hm<sup>3</sup>, de los cuales, 180 corresponden a grandes presas, conforme a la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (con cortina > 15 m de altura o con cortina de 10 a 15 m de altura, con un volumen de almacenamiento > 3 hmm<sup>3</sup>), que en suma de 2009 a 2018 lograron captar el 75% del almacenamiento nacional (CNA, 2019).

El Programa Nacional Hídrico 2020-2024 reconoce que las aguas superficiales del país se encuentran contaminadas por descargas de aguas residuales, municipales e industriales sin tratamiento, así como por agroquímicos. La contaminación ha afectado, de manera particular, a comunidades rurales y pueblos indígenas, que ven disminuidos los beneficios que obtienen de la naturaleza (DOF, 2020a).

Es importante destacar que la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, publicada el 24 de julio de 2007, señala que “El Estado Mexicano reconoce que la pesca y la acuicultura son actividades que fortalecen la soberanía alimentaria y territorial de la nación, que son asuntos de seguridad nacional y son prioridad para la planeación nacional del desarrollo y la gestión integral de los recursos pesqueros y acuícolas” (DOF, 2007, p. 14). Con ellos se genera mayor certeza jurídica para el impulso y desarrollo de estas actividades productivas, sin omitir que a más de dieciséis años de la promulgación de esta ley, no se ha publicado su Reglamento, lo que limita significativamente los alcances del citado instrumento jurídico. En el cuadro 1 se presenta el significado de las siglas y acrónimos empleados en este trabajo.

Cuadro 1.  
*Siglas y acrónimos empleados*

Sigla o acrónimo	Significado
CNA	Comisión Nacional del Agua
Conapesca	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca
Coneval	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
DOF	Diario Oficial de la Federación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Inapesca	Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
NOM	Norma Oficial Mexicana
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
Sagarpa	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
Semarnap	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
Sepesca	Secretaría de Pesca
Sipesca	Sistema de Información de Pesca y Acuacultura

Fuente: elaboración propia.

En México, para fines estadísticos la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (Conapesca) designa a los “sistemas controlados” como actividades acuícolas y a las pesquerías basadas en el cultivo como “pesquerías acuaculturales”. Las primeras comprenden a la producción en instalaciones creadas para el cultivo de especies acuícolas, mediante la aplicación de modelos tecnológicos basados en rutinas de trabajo (como bombeo de agua, alimentación de animales, fertilización, control de densidades, entre otras). Las pesquerías basadas en el cultivo las denomina “pesquerías acuaculturales” y se refiere a la explotación pesquera en embalses epicontinentales donde se practica la pesca comercial sustentada, tanto en las siembras sistemáticas de alevines producidos en instalaciones acuícolas oficiales, así como de las derivadas del manejo de existencias silvestres de alevines de peces (Conapesca, 2020).

### **Metodología**

En el trabajo se analizaron datos de producción acuícola nacional en sistemas controlados y en pesquerías basadas en el cultivo de 1994 a 2020 contenidos en los anuarios estadísticos de

acuacultura y pesca (Sepesca, 1986-1992; Semarnap, 1993-2000; Sagarpa, 2002; Conapesca 2002-2020). Datos de producción de alevines de tilapia por parte de los centros acuícolas oficiales de 1985 a 2018 provenientes en los anuarios estadísticos de acuacultura y pesca de 1985 a 2018 y por parte del sector privado de 2014 a 2021, provenientes del Sistema Informático en Pesca y Acuacultura (Sipesca) a cargo de la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (Conapesca, 2022). Datos de importaciones y exportaciones de tilapia de 2006 a 2020 de los anuarios estadísticos de acuacultura y pesca (Conapesca, 2006-2020) y datos de consumo per cápita nacional de 1970 a 2020, contenidos en los anuarios estadísticos de acuacultura y pesca (Conapesca, 2020) y consumo per cápita mundial provenientes de la FAO (FAO, 2020, 2021 y 2022).

Se comparó la producción nacional de alevines de tilapia con la producción acuícola en sistemas controlados y con la producción acuícola en pesquerías basadas en el cultivo registrada en los embalses de 1994 a 2020, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, a fin de evaluar las relaciones entre estas series.

## **Resultados**

La producción acuícola nacional de tilapia durante el período de 1994 a 2020 presentó una tendencia al alza, con una producción que osciló de 61,516 t en 2003 a 152,840 t en 2016. Los número anteriores dieron un promedio anual de 86,135 t (Semarnap, 1995-2000; Sagarpa, 2002 y Conapesca, 2002-2020). En dicho período, las producciones de 2014 a 2018 superaron las 100,000 t (figura 1). La tasa de crecimiento promedio anual fue de 1.75 por ciento.

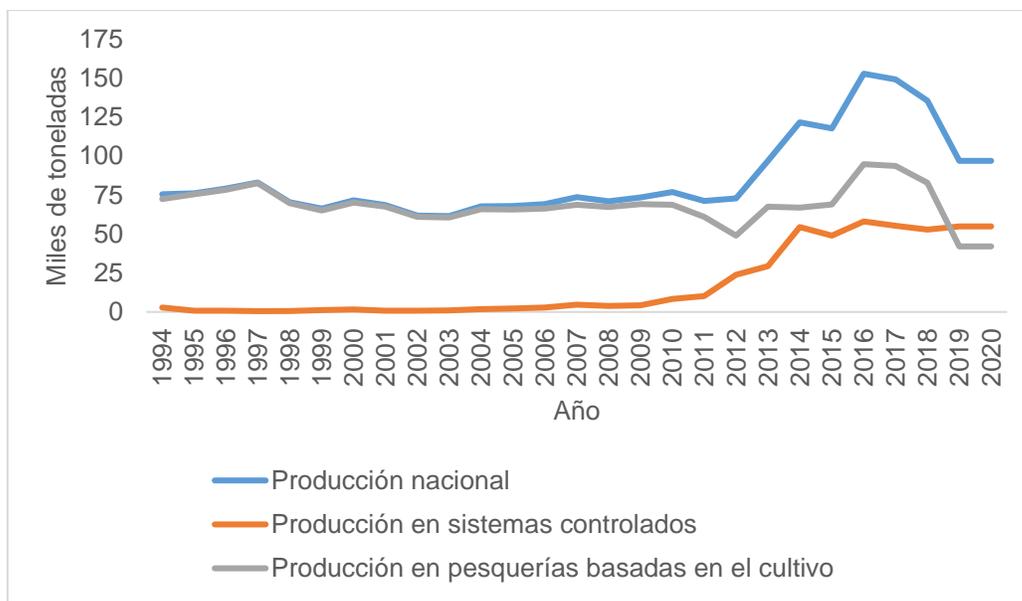


Figura 1. Producción nacional de tilapia, producción en sistemas controlados y en pesquerías basadas en el cultivo de 1994 a 2020. Fuente: elaboración propia con datos de Semarnap (1995-2000), Sagarpa (2002) y Conapesca (2002-2020).

En 2020, se registraron 96,977 t de tilapia provenientes de actividades acuícolas, de las cuales, el 56.6% correspondió a sistemas controlados y el 43.3% a pesquerías basadas en el cultivo (figura 1). En 2017 se reportaron 4,623 unidades de producción acuícola como espacio disponible para la engorda de tilapia, con una superficie total de 15,763 ha, de las cuales, 605 unidades en 3,302 ha corresponden al cultivo extensivo, 3,716 unidades en 9,110 ha al cultivo semiintensivo y 302 unidades en 3,351 ha al cultivo intensivo (Conapesca, 2017).

Los registros de producción de alevines de tilapia a nivel nacional por parte de los centros acuícolas oficiales de 1985 a 2018 muestran que en 1991 y 1992 se lograron las producciones más altas que fueron de 93.3 millones de alevines en ambos años, con un siguiente valor más alto en 1999 de 88.2 millones de alevines, para luego, a partir de 2000 descender hasta alcanzar en 2017 y 2018 su valor más bajo que fue de 6.1 millones de alevines (Sepesca, 1986-1992; Semarnap, 1993-2000; Sagarpa, 2002 y Conapesca, 2002-2018). La baja producción de alevines obedece a que, a partir de 2000, el gobierno federal disminuyó sensiblemente la

operación de estos centros acuícolas del sector público y consecuentemente, la producción de alevines de tilapia (figura 2).

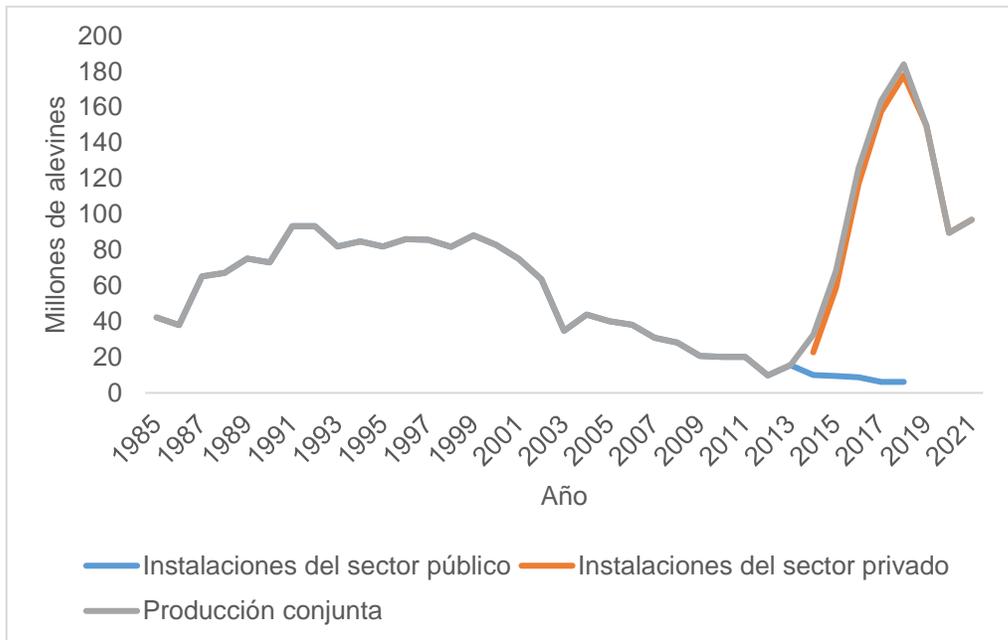


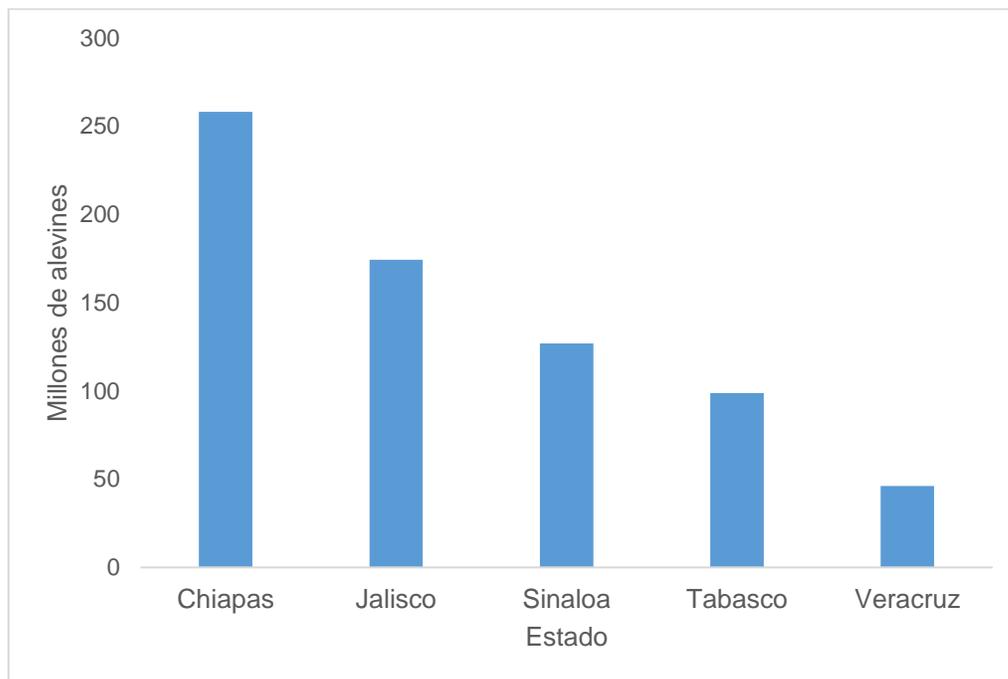
Figura 2. Producción de alevines de tilapia en instalaciones del sector público de 1985 a 2018 y en instalaciones del sector privado de 2014-2021 y producción conjunta de 1985 a 2021. Fuente: elaboración propia con datos de Sepesca (1986-1992), Semarnap (1993-2000), Sagarpa (2002) y Conapesca (2002-2021).

Por su parte, la producción nacional de alevines de tilapia a cargo de empresas del sector privado de 2014 a 2021 mostró una tendencia al alza: Se registró su producción más baja al inicio de este período en 2014 con 22.7 millones de alevines y su producción más alta en 2018 con 177.8 millones de alevines. El promedio de producción anual durante estos ocho años fue de 108.8 millones de alevines anuales (figura 2).

La producción conjunta de alevines de tilapia entre los sectores público y privado de 1985 a 2021 muestra una tendencia al alza, presentando su valor más bajo en 2012 con 9.7 millones de alevines, mientras que su valor más alto se registró en 2018 con 183.9 millones de alevines,

esta producción mostró un marcado ascenso de 2012 a 2018, para enseguida disminuir en forma sensible de 2019 a 2021, hasta alcanzar en este último año una producción de 96.9 millones de alevines (Sepesca, 1986-1992; Semarnap, 1993-2000; Sagarpa, 2002; Conapesca, 2002-2021). Esta última disminución se atribuye en parte a efectos negativos asociados a la pandemia del Covid-19, que afectaron sensiblemente a diferentes industrias de la economía nacional e internacional durante 2020 y 2021 (figura 2).

En México, durante el período de 2014 a 2021 la producción de alevines de tilapia por parte del sector privado se realizó en 24 de las 32 entidades federativas. De estas, en cinco de ellas se concentró el 80.9% de la producción nacional. Los principales estados productores de alevines de tilapia fueron: Chiapas (29.7%), Jalisco (20.0%), Sinaloa (14.6%), Tabasco (11.3%) y Veracruz (5.3%) (Conapesca, 2022) (figura 3).



*Figura 3.* Principales estados productores de alevines de tilapia en México, a través de empresas del sector privado de 2014 a 2021. Fuente: elaboración propia con datos de Conapesca (2022).

El análisis de indicadores de la producción acuícola nacional de tilapia, tanto de sistemas controlados como de pesquerías basadas en el cultivo, indica que a partir de 2009 (Conapesca, 2009) se presentó un repunte en la producción de tilapia en sistemas controlados que fue de 4,251 t hasta alcanzar su valor más alto en 2016 que fue de 58,057 t. Luego comenzó a disminuir ligeramente en los tres años subsecuentes hasta alcanzar en 2020 una producción de 54,942 t. Por su parte, la producción de tilapia en pesquerías basadas en el cultivo en 1994 alcanzó 72,451 t, con fluctuaciones en los siguientes veinte años, que van desde 82,610 t en 1997 hasta 49,023 t en 2012, para luego incrementarse hasta alcanzar su valor más alto en 2016 que fue de 94,782 t. Esto decreció en los años siguientes hasta registrar el valor más bajo en 2020 con 42,035 t. Esta última caída en la producción presentada de 2017 a 2020, previo y durante la pandemia del Covid-19, en la que se presentaron afectaciones en el desarrollo de la actividad acuícola del país (figura 4).

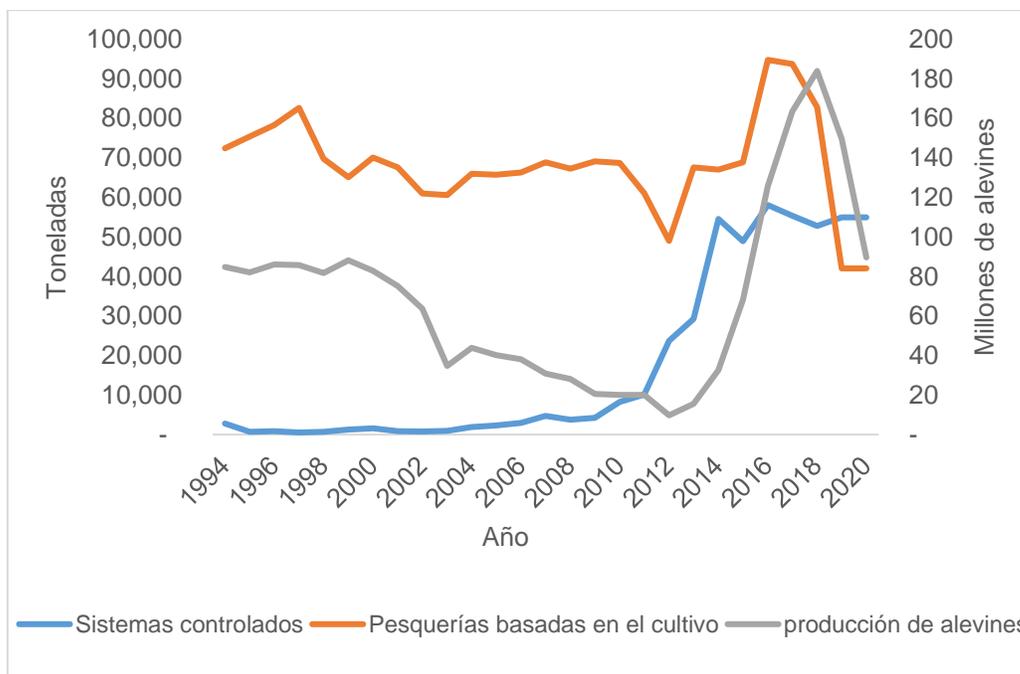


Figura 4. Producción nacional de tilapia en sistemas controlados y en pesquerías basadas en el cultivo y producción de alevines de tilapia de 1994 a 2020. Fuente: elaboración propia con datos de Semarnap (1995-2000), Sagarpa (2002) y Conapesca (2002-2020).

La producción de alevines de tilapia se relacionó moderadamente con la producción acuícola de sistemas controlados ( $r=0.50459040$ ,  $p < 0.05$ ) en una serie de 27 años de información; desde 1994 a 2020. En cambio, la producción de pesquerías basadas en el cultivo no se relacionó con la producción de alevines ( $r= 0.3746651$ ,  $p >0.05$ ) para el mismo periodo de información (cuadro 2).

Cuadro 2.

*Valores observados del coeficiente de correlación de Pearson*

	Producción de alevines	Producción en sistemas controlados	Producción en pesquerías basadas en el cultivo
Producción de alevines	1		
Producción en sistemas controlados	0.50459040	1	
Producción en pesquerías basadas en el cultivo	0.37465144	0.0338651	1

Fuente: elaboración propia con resultados de este análisis.

En materia de comercio exterior de tilapia, en el rubro de exportaciones se tienen registros oficiales de que en 2020 México exportó 5,511 t de tilapia (con un valor estimado de \$33.855 millones de USD), mientras que las importaciones de tilapia ascendieron a 140,393 t (con un valor estimado de \$266.8 millones de USD) (Conapesca, 2020), lo que evidencia una relación deficitaria en la balanza comercial de este recurso pesquero.

Las importaciones de tilapia en México muestran de 2006 a 2020 una marcada tendencia al alza. Se registró el valor más bajo en 2009 con 14,519 t para, posteriormente, elevarse significativamente esta cifra en 2011 con la importación de 48,731 t, con una ligera disminución en 2012 con 39,075 t, para enseguida incrementarse en forma continua hasta alcanzar en 2020 una cifra récord anual en las importaciones de tilapia de 140,393 t (figura 5).

Si comparamos las importaciones de tilapia con su producción acuícola nacional, se destaca que de 2019 a 2020 las importaciones que fueron de 124,215 t y 140,393 t,

respectivamente, superaron los volúmenes de producción nacional de tilapia. Se incluyen aquí sistemas controlados y pesquerías basadas en el cultivo de 2019 y 2020 que fueron de 96,977 t y 96,977 t, respectivamente (figura 5) (Conapesca, 2006-2020).

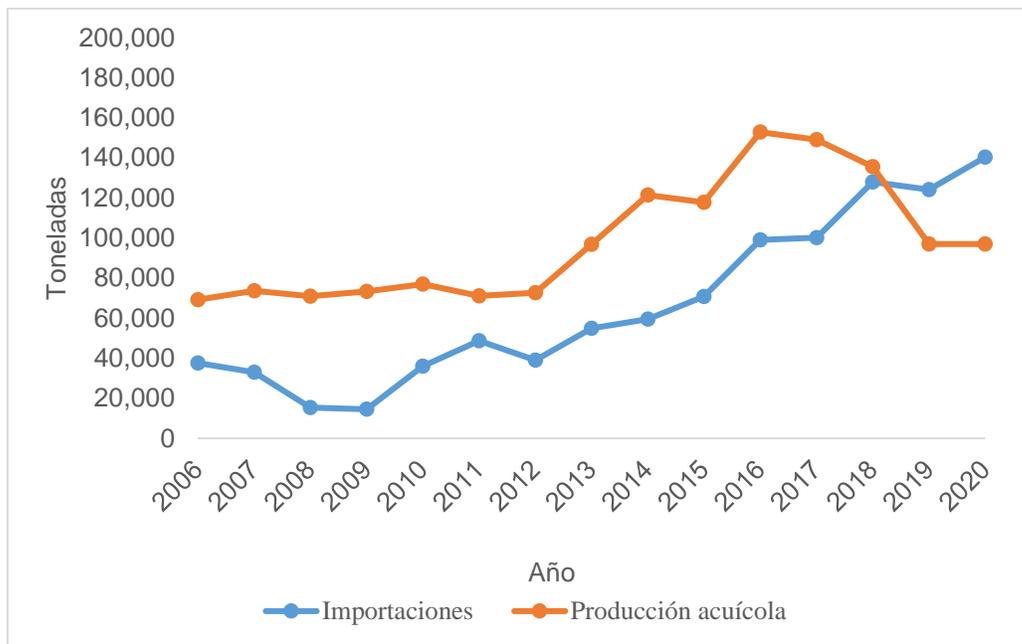


Figura 5. Importaciones vs producción de tilapia en México de 2006 a 2020. Fuente: elaboración propia con datos de Conapesca (2006-2020).

El consumo nacional per cápita anual de productos pesqueros comestibles de 1970 a 2020 registró su valor más bajo en 1970 con 3.5 kg y su valor más alto en 2017 con 13.1 kg. Tenemos así un promedio anual en los últimos diez años (2011 a 2020) de 11.2 kg (Conapesca, 2020). En 2020 el consumo nacional per cápita anual fue de 11.4 kg (Conapesca, 2020), mientras que a nivel mundial se estimó en 20.2 kg (FAO, 2022) (figura 6). El consumo nacional per cápita de tilapia de cultivo para ese año se estimó en 1.84 kilogramos.

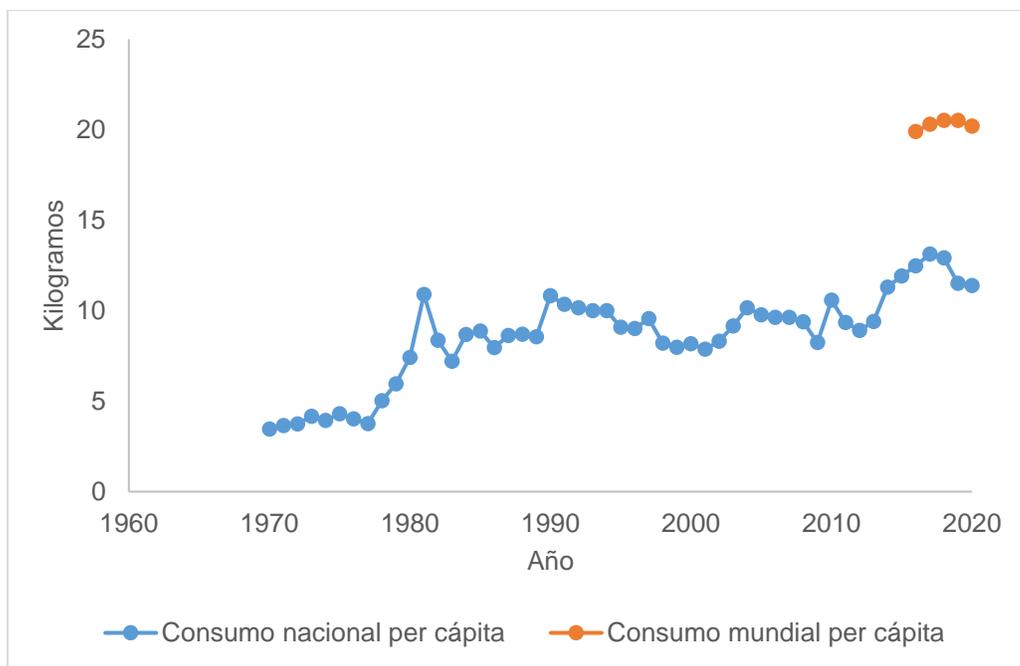


Figura 6. Consumo nacional y mundial *per cápita* de productos pesqueros comestibles. Fuente: elaboración propia con datos de Conapesca (2020) y FAO (2020; 2021; 2022).

## Discusión

A nivel mundial la acuicultura se continúa posicionando como una alternativa de producción viable, ya que aporta significativamente alimentos de alto valor proteínico para la población en forma sostenida, lo que coadyuva en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria de muchos países del orbe.

La mayor parte de la producción acuícola se basa en sistemas que utilizan escasos insumos. La seguridad alimentaria, la producción, elaboración y venta de pescado ofrece posibilidades de mejorar la nutrición en las zonas rurales y urbanas, puesto que ofrece una fuente económicamente asequible de proteínas de alta calidad. Brindar, además, una oportunidad para generar ingresos, al mismo tiempo que se diversifica la producción y se reducen los riesgos de dependencia de determinados tipos de productos (FAO, 1999).

No hay duda de que existe un gran potencial para el desarrollo del cultivo de tilapia en diferentes regiones del mundo, entre las que se incluye el continente africano, de donde la tilapia es originaria. Se necesita, sin embargo, una política de desarrollo y una gestión del sector apropiadas para aprovechar ese potencial (FAO, 2017).

En México el cultivo de tilapia es una actividad productiva que impacta favorablemente en la socioeconomía de las regiones donde se practica, en donde las técnicas de producción acuícola se vienen aplicando con éxito desde hace más de cuarenta años, en lo referente a las fases de reproducción, crianza y engorda.

En materia de comercio exterior, en México, en el período de 2006 a 2020 las importaciones de tilapia mostraron una marcada tendencia al alza. En 2009 se registraron 14,519 t, cuya cifra a partir de ese año, ascendió notablemente hasta alcanzar en 2020 un volumen de 140,393 t (Conapesca, 2020), con una tasa de crecimiento medio anual de 17%. Por su parte, en 2019 y 2020, las importaciones superaron a la producción acuícola de tilapia que fue registrada para ambos años con 96,977 t, lo cual evidencia una relación deficitaria que debe revertirse, considerando que en la actualidad los volúmenes de tilapia que se producen en el país son insuficientes para satisfacer con oportunidad la demanda que se presenta de este producto, a lo largo del año.

En México, se presentó una sensible disminución en la producción de alevines de tilapia por parte del sector público, ya que a partir de 2000, cuando se produjeron 82.8 millones en 32 centros piscícolas, la producción descendió notablemente hasta registrarse en 2018 la más baja que fue de 6.1 millones de alevines, a través de la operación de solo siete centros acuícolas (Conapesca, 2002; 2018).

A partir de 2014, empresas del sector privado iniciaron en México, de manera decidida, operaciones en la producción de alevines de tilapia, cuya producción se incrementó de 22.7

millones de alevines hasta alcanzar en 2018 una producción de 177.8 millones de alevines. Con eso se cubre parte de la demanda nacional, para ser destinadas, principalmente, a su cultivo en sistemas controlados y, en menor proporción, a la resiembra en embalses epicontinentales. En 2018 el sector privado aportó 96.6% de la producción nacional de alevines de tilapia, mientras que el sector público aportó solo el 3.3 por ciento.

En 2021 se registró la operación de 62 instalaciones acuícolas dedicadas a la producción de alevines de tilapia, 52 por parte del sector privado y diez por parte del sector oficial, de estos últimos, siete estuvieron a cargo de la Conapesca y tres fueron operados por terceros (gobiernos de los estados de Jalisco, Nayarit y Sinaloa (Conapesca, 2022).

La falta de un suministro estable de alevines de tilapia de buena calidad constituye una de las principales limitaciones para el desarrollo del cultivo comercial de tilapia en México, particularmente para acuicultores de recursos limitados/micro, pequeñas y medianas granjas. Esto se debe a que los acuicultores frecuentemente se ven obligados a sembrar alevines en función de su disponibilidad, pero no en el momento más oportuno de acuerdo con las condiciones climáticas y del mercado, lo que tiende a resultar en un rendimiento subóptimo (Martínez-Cordero, Delgadillo, Sánchez-Zazueta y Cai, 2021).

En la actualidad los embalses nacionales no están sometidos a programas sistemáticos de repoblación de alevines de tilapia. Tampoco se tiene evidencias técnicas de las aportaciones que representan los programas de repoblación de alevines de tilapia en la producción acuícola de los embalses del país.

Por otra parte, la falta de planes de manejo pesquero en los embalses de la república mexicana inhibe el aprovechamiento sustentable de sus recursos pesqueros y su productividad. La inhibición es porque en la actualidad solo se cuenta con dos planes de manejo pesquero, publicados en marzo de 2021, para los embalses Cebolletas e Ignacio Allende, ubicados en el

estado de Guanajuato. Los beneficios no se han consolidado por la incipiente implementación de estos planes, los cuales deben ser elaborados por embalse a fin de que se atienda la situación particular que se presenta en cada cuerpo de agua. Para lo anterior se requiere de la participación de los Comités de Manejo de cada embalse, bajo la coordinación técnica del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (Inapesca). La tilapia representa una fuente potencial viable que puede contribuir significativamente en el incremento del consumo nacional per-cápita de productos pesqueros en México, ya que el consumo per cápita anual de productos pesqueros comestibles en 2020 fue de 11.4 kg (Conapesca, 2020), mientras que a nivel mundial se estimó en 20.2 kg (FAO, 2022).

Lo anterior, considerando que la tilapia constituye un alimento de alto valor proteínico, ya que concentra un alto contenido de proteína cruda, minerales como el calcio, fósforo, magnesio, sodio y hierro y ácidos grasos. La tilapia también es una buena fuente de vitaminas A, C, D, E, K, B6 y B12. Además, las carcasas de tilapia contienen 23 ácidos grasos, incluidos los muy importantes ácidos grasos poliinsaturados n-3, ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexaenoico (Dong, et al., 2023). Durante las últimas décadas, la industria acuícola nacional ha mostrado un bajo desarrollo, algunos autores asumen que esto se debe a la forma discontinua de las políticas públicas encargadas de impulsar la actividad acuícola (Mártir-Mendoza, 2006; Celaya-Tentori y Almaraz-Alvarado, 2018), así como una inestabilidad normativa e institucional de poca continuidad y seguimiento que se aplica en las políticas enfocadas a la acuicultura (Cuéllar-Lugo, Asiain-Hoyos, Juárez-Sánchez, Reta-Mendiola y Gallardo-López, 2018).

## **Conclusiones**

El análisis de la producción acuícola registrada en México de 1994 a 2020, en sistemas controlados y en pesquerías basadas en el cultivo, revela que la producción acuícola nacional

desaceleró su crecimiento de 1994 a 2012, con una producción que fluctuó entre 61,516 t en 2003 a 76,986 t en 2010. A partir de 2012 se presentó un repunte hasta registrar 152,840 t en 2016 y enseguida disminuir con ligeras fluctuaciones hasta alcanzar 96,977 t en 2020. Durante el período de 1994 a 2020 se registró una tasa de crecimiento media anual de 1.75 por ciento.

Los centros acuícolas del sector público dedicados a la producción de alevines de tilapia, que destinan la mayor parte de ello al repoblamiento de los embalses del país, disminuyeron sensiblemente sus operaciones a partir de 2000. Lo indicado se debió a que, después de producir 93.3 millones de alevines de tilapia en 1991 y 1992, con 32 centros acuícolas, descendieron su producción hasta registrar 6.1 millones de alevines en 2018, con la operación de solo siete centros acuícolas a cargo de la Conapesca.

No obstante, la incorporación en 2014 del sector privado en la producción de alevines de tilapia, quienes en ese año adicionalmente produjeron 22.7 millones de alevines y cuya producción se incrementó en los años subsecuentes hasta alcanzar en 2018 su valor más alto que fue de 177.8 millones de alevines. Por lo anterior, como parte de las estrategias para fortalecer la seguridad alimentaria nacional a través del cultivo de tilapia, se propone en primer término, se cubra con mayor suficiencia y oportunidad la demanda que se presenta de alevines de tilapia *O. niloticus* por parte de los acuicultores nacionales. Ello permitirá mejorar su producción y productividad, para lo cual, se demanda la participación del gobierno de la república, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, para que entre otras acciones, retomen los programas de repoblación sistemática de alevines de peces en los cuerpos de aguas epicontinentales de jurisdicción federal. Con lo indicado se puede contribuir al incremento de la producción piscícola y consiguientemente al fortalecimiento de la seguridad alimentaria nacional. Paralelamente, como parte de las estrategias para fortalecer la seguridad alimentaria, se recomienda la operación de sistemas de cultivo de tilapia a nivel extensivo (3

peces/m<sup>2</sup>) por ser tecnológica, económica y ambientalmente más sustentable, en comparación con otros sistemas de producción de mayor intensidad. Los otros sistemas requieren una menor inversión y ofrecen menor riesgo. De esa manera, se pueden obtener producciones del orden de 7.5 t/ha. Lo anterior, en concordancia con las orientaciones técnicas para la pesca responsable en materia de acuicultura, dictadas por la FAO (1999).

Como parte de tales estrategias para fortalecer la seguridad alimentaria nacional, se demanda la elaboración de planes de manejo pesquero, es decir, un plan de manejo para cada embalse en particular. debe contar con una amplia aplicación del criterio de precaución en la conservación, ordenación y explotación de los recursos acuáticos vivos, con el fin de protegerlos y preservar el medio acuático, en concordancia con el Código de Conducta de Pesca para la responsable, publicado por la FAO (1995). Asimismo, se demanda una mayor participación de los tres órdenes de gobierno, los centros de investigación e instituciones de educación superior, así como al sector productivo, para que en el ámbito de sus competencias, incidan en mejorar el aprovechamiento de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*. Todo lo anterior, con visión de sostenibilidad ambiental, en acciones como organización, capacitación, investigación, vigilancia, infraestructura básica, financiación, apoyo a proyectos productivos, incentivos a la producción, comercialización y fomento al consumo, entre otros. Ello es por la importancia que reviste la tilapia del Nilo como recurso pesquero clave en la lucha contra el hambre, la desnutrición y la obesidad, en beneficio de la sociedad mexicana.

El cultivo de tilapia del Nilo constituye una actividad productiva idónea para fortalecer la seguridad alimentaria nacional y con cuya producción acuícola se puede contribuir en revertir la balanza deficitaria registrada en México en los años 2019 y 2020 en los que las importaciones de 124,215 t y 140,393 t de tilapia, respectivamente, superaron a las 96,977 t registradas para

ambos años. Esto comprende las producciones en sistemas controlados y en pesquerías basadas en el cultivo.

Se debe abatir el déficit que se presenta en México en el consumo per cápita de productos pesqueros registrado en 2020 que fue de 11.4 kg (Conapesca, 2020). Este se mantiene muy por debajo del consumo per cápita mundial estimado para ese año en 20.2 kg (FAO, 2022). Lo anterior, a través de la implementación de programas de fomento al consumo de productos pesqueros y acuícolas, con particular énfasis en la tilapia del Nilo por lo ya expuesto, coordinados por Conapesca y con la participación de la sociedad civil. Todos dirigidos a los sectores de la población, principalmente a los sectores sociales más desprotegidos. En esto se considera que en México se cuenta con 126'014,024 de habitantes (INEGI, 2020). De ellos 55.7 millones viven en situación de pobreza, en cuyo desglose 44.9 millones de personas corresponden a población en situación de pobreza moderada y 10.8 millones a población en situación de pobreza extrema (Coneval, 2021). Estas acciones de fomento al consumo de productos pesqueros y acuícolas guardan concordancia con los primeros dos de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (2018), que tiene como propósitos “poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo” y “poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible” (Naciones Unidas, 2018).

Por otra parte, a más de quince años de demora, se demanda la participación de la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal para que se publique el Reglamento de la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, para efecto de que se facilite la aplicación de esta ley, se detalle su ejecución y se opere como un instrumento apto para llevar a cabo su contenido de forma eficaz, en beneficio de los sectores pesquero y acuícola y de la sociedad en su conjunto. Asimismo, se demanda la revisión y actualización de las catorce normas oficiales mexicanas

(NOM) publicadas a la fecha, para la pesca responsable en cuerpos de aguas continentales dulceacuícolas de la nación, en cumplimiento de lo establecido en la Ley de Infraestructura de la Calidad (DOF, 2020b).

Es importante destacar, que se requiere vigilar el cumplimiento a las acciones propuestas en el Programa Nacional Hidráulico 2020-2024. Ahí se establece, como una estrategia prioritaria, el reducir y controlar la contaminación para evitar el deterioro de cuerpos de agua y sus impactos en la salud, a través de acciones puntuales entre las que se destacan: identificar áreas prioritarias de atención en función de la calidad de los cuerpos de agua; vigilar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas; establecer o adecuar condiciones particulares de descarga de los principales cuerpos de agua; promover la reducción de la contaminación difusa asociada con agroquímicos y reforzar mecanismos para controlar la contaminación derivada de actividades extractivas y de la disposición final de residuos sólidos (DOF, 2020a). En este contexto, se requiere hacer más estudios en las diferentes disciplinas del conocimiento, que incidan en el cuidado, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos, pesqueros y acuícolas, a fin de aprovechar de una mejor manera su potencial, en aras de fortalecer la seguridad alimentaria nacional.

### **Agradecimientos**

El primer autor agradece el valioso apoyo institucional brindado por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR) para la realización de una estancia posdoctoral, efectuada en la Unidad Nayarit, durante el período del 1 de junio al 31 de diciembre de 2022, lo que permitió, entre otras actividades, preparar la presente aportación.

### **Referencias**

Celaya-Tentori, M. y Almaraz-Alvarado, A. (2018). Recuento histórico de la normatividad pesquera en México: un largo proceso de auge y crisis. *Entreciencias*, 6(16): 31-46. doi: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.16.63208>

- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Conapesca, 2009). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2009*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Conapesca (2017). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2017*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Conapesca (2020). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2020*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Conapesca (2022) *Sistema Informático de Pesca y Acuicultura SIPESCA. Datos estadísticos de producción de tilapia Oreochromis niloticus en México de 2000–2021*. Recuperado de [SIPESCA \(conapesca.gob.mx\)](https://sipesca.conapesca.gob.mx) (accessed on 09 October 2022).
- Comisión Nacional del Agua (CNA, 2019). *Estadísticas del agua en México 2019*. Recuperado de [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2019.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf).
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval, 2021). *Medición multidimensional de la pobreza en México 2018-2020*. Recuperado de [Pobreza 2016-2020.jpg \(2500x2500\)](https://coneval.org.mx/Pobreza_2016-2020.jpg_(2500x2500)) (coneval.org.mx).
- Cuéllar-Lugo, M. B., Asiain-Hoyos, A., Juárez-Sánchez, J. P., Reta-Mendiola, J. L. y Gallardo-López, F. (2018). Evolución normativa e institucional de la acuicultura en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15: 541-564.
- Diario Oficial de la Federación (DOF, 2007). *Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables*. Recuperado de [Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables \(diputados.gob.mx\)](https://www.dof.gob.mx/ley-general-de-pesca-y-acuicultura-sustentables).
- DOF (2020a). *Programa Nacional Hídrico 2020-2024*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0)
- DOF (2020b). *Ley de Infraestructura de la Calidad*. Recuperado de [Ley de Infraestructura de la Calidad \(diputados.gob.mx\)](https://www.dof.gob.mx/ley-de-infraestructura-de-la-calidad).
- DOF (2021). *Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola*. Recuperado de <https://sidofqa.segob.gob.mx/notas/5615929>.
- Dong, H. T., Chaijarasphong, T., Barnes, A. C., Delamare-Deboutteville, J., Lee, P.A., Senapin, S., Mohan, Ch. V., Tang, K. F. J., McGladdery, Sh. E. y Bondad-Reantaso, M. G. (2023). From the basics to emerging diagnostic technologies: What is on the horizon for tilapia disease diagnostics? *Rev. Aquac.*,15(Suppl. 1):186-212. <https://doi.org/10.1111/raq.12734>.
- Hunter, G. A. y Donaldson. E. M. (1983). 5 Hormonal sex control and its application to fish culture. p 223-303. En W. S. Hoar, D. J. Randall y E. M. Donaldson (eds.). *Fish Physiology*. Vol IX. Reproduction, Part B. Behavior and Fertility control. *Academic Press*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1546509808603052>.
- Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (INEGI, 2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Recuperado de [Presentación de resultados. Estados Unidos Mexicanos \(inegi.org.mx\)](https://inegi.org.mx/estadisticas/2020/censo-de-poblacion-y-vivienda-2020).
- Isiordia-Pérez, E., Isiordia-Cortez, A., Cuevas-Rodríguez, B. L., Ruiz-Velazco-Arce, J. M. J. y Bautista-Covarrubias, J. C. (2021). Crecimiento y sobrevivencia de la tilapia *Oreochromis niloticus* cultivada en jaulas flotantes rectangulares. *Acta Pesquera*, 7(13).
- Martell, S. y Froese, R. (2013). A simple method for estimating *MSY* from catch and resilience. *Fish Fish.*, 14: 505-514.
- Martínez-Cordero, F. J., Delgadillo, T. S., Sánchez-Zazueta, E. y Cai, J. (2021). Tilapia aquaculture in Mexico: assessment with a focus on social and economic performance. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1219*. <https://doi.org/10.4060/cb3290en>.
- Mártir-Mendoza, A. (2006). La acuicultura como estrategia de desarrollo de zonas costeras y rurales de México. Universidad Autónoma Indígena de México. *Ra Ximhai*, 2(3): 769-793. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46120311.pdf>.
- Naciones Unidas (UN, 2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3). Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1995). *Código de Conducta para la Pesca Responsable*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/v9878s/v9878s.pdf>.
- FAO (1999). *FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. Desarrollo de la Acuicultura-5*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/w4493s/w4493s00.htm#Contents>.
- FAO (2009). *Oreochromis niloticus. In cultured aquatic species fact sheets*. Recuperado de [FAO - Oreochromis niloticus](https://www.fao.org/3/a/i2560es.pdf).

- FAO (2017). Social and economic performance of tilapia farming in Africa. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1130*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i7258e.pdf>.
- FAO (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. doi: <https://doi.org/10.4060/ca9229>.
- FAO (2021). *Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2019*. Recuperado de [https://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2019\\_USBcard/booklet/web\\_cb7874t.pdf](https://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2019_USBcard/booklet/web_cb7874t.pdf).
- FAO (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>.
- Pandian, T. J. y Sheela, S. G. (1995). Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture*, 138:1-22. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0044848695010750>.
- Pérez, M., Sáenz, M. y Martínez, E. (2015). Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo monosexual y ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. *Revista Científica de la UNAN-León*, 6(1): 72-79. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/228743264.pdf>.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa, 2000). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2002* Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Secretaría de Pesca (Sepesca, 1986). *Anuario Estadístico de Pesca 1985*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Sepesca (1988). *Anuario Estadístico de Pesca 1986*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Sepesca (1988). *Anuario Estadístico de Pesca 1987*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Sepesca (1990). *Anuario Estadístico de Pesca 1988*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Sepesca (1991). *Anuario Estadístico de Pesca 1989*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Sepesca (1992). *Anuario Estadístico de Pesca 1990*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap, 1993). *Anuario Estadístico de Pesca 1991*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Semarnap (1994). *Anuario Estadístico de Pesca 1992*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Semarnap (1995). *Anuario Estadístico de Pesca 1993*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Semarnap (1995). *Anuario Estadístico de Pesca 1994*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Semarnap (1996). *Anuario Estadístico de Pesca 1995*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Semarnap (1997). *Anuario Estadístico de Pesca 1996*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Semarnap (1998). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 1997*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Semarnap (1999). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 1998*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Semarnap (2000). *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 1999*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Yamasaki, F. (1983). Sex control and manipulation in fish. *Aquaculture*, 33:329-354. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0044848683904131>.
- Zimmermann, S. (2005). *Reproducción de tilapias. Reproducción de peces en el trópico*. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder). Colombia: Imprenta Nacional de Colombia Editores.