

# Contribución al conocimiento de la edad y el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* en la presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto”, Sinaloa

Ma. Teresa Gaspar-Dillanes\*✉, José Luis Gómez-Márquez\*\*, Bertha Peña-Mendoza\*\*  
y Juan Francisco Barba-Torres\*\*\*

Se presenta información sobre la edad y el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* por medio de la lectura de marcas en escamas en la presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto”, Sin. Se recolectaron 60 peces con redes agalleras de diferente luz de malla, de marzo a agosto de 2009; la longitud registrada fue de 93 mm a 440 mm y el peso de 19 g a 1 622 g. La relación peso-longitud indicó un crecimiento alométrico para la población ( $b = 2.918$ ). La relación entre el radio de la escama (R) y la longitud (Lt) fue descrita para ambos sexos por una función lineal ( $Lt = 52.005R + 19.158$ ;  $r^2 = 0.831$ ). El análisis de escamas identificó seis grupos de edad para ambos sexos, los peces de los grupos III (20) y V (23) se presentaron con mayor frecuencia en las capturas. El crecimiento en longitud se describe mediante el modelo de von Bertalanffy:  $Lt = 596 \cdot [1 - e^{-0.272(t+0.215)}]$ . El número de anillos y los valores de crecimiento son superiores a los reportados en otros embalses donde se captura esta especie.

**Palabras clave:** Embalse, escamas, tilapia, alometría, Sinaloa.

Knowledge contribution of the age and growth of tilapia *Oreochromis aureus* in Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto” reservoir, Sinaloa

Data on age and growth of tilapia *Oreochromis aureus* by means of marks on scales of fish from the reservoir Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto”, Sin. is presented. A total of 60 fish were collected with gill nets of different mesh sizes, from March to August 2009. Lengths ranged from 93 mm to 440 mm total length and 19 g to 1 622 g total weight. The length-weight relationship indicated an allometric growth ( $b = 2.918$ ) of the population. The relationship between scale radius (R) and fish length (Lt) was described for both sexes combined by a linear function ( $Lt = 52.005R + 19.158$ ;  $r^2 = 0.831$ ). Scales analysis showed six age groups for both sexes, those in the group III (20 fishes) and V (23 fishes) were the most frequent in the catches. Results of the von Bertalanffy growth function in length were obtained by simple linear regression:  $Lt = 596 \cdot [1 - e^{-0.272(t+0.215)}]$ . The number of rings and growth values are higher than those reported in other aquatic systems.

**Key words:** Reservoir, scales, tilapia, allometry, Sinaloa.

## Introducción

En México, la tilapia del género *Oreochromis* es una de las más importantes fuentes de proteína animal e ingresos para muchas comunidades. *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864) fue in-

troducida a México en 1964 a la Estación Piscícola de Temascal, Oax. (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo 1986, Morales 1991). Se le ha diseminado ampliamente en cuerpos de agua naturales y artificiales en regiones templadas y tropicales del país; ha sido introducida en grandes cuencas y dispersada en pequeños cuerpos de agua y es una de las pesquerías más importantes de las aguas continentales mexicanas (Ibáñez y Romo-Coronel 2007).

La actividad pesquera en la presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto” inició en 1988 con la captura de 21 t de tilapia, en 2010 se obtuvo la máxima captura con 1 655.7 t y, a partir de este año, se han registrado fluctuaciones en

\* Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Ave. México núm. 190, Col. Del Carmen, Coyoacán, CP 04100, Ciudad de México. ✉ Responsable de la correspondencia: teresa.gaspar@inapesca.gob.mx

\*\* Laboratorio de Limnología, FES Zaragoza, UNAM, Batalla 5 de Mayo s/n, Ejército de Oriente Zona Peñón, CP 09230, Ciudad de México.

\*\*\* Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM, Blvd. Cataratas 3, Jardines del Pedregal, CP 01900 Ciudad de México.

las capturas, así, en 2013 bajó la captura a 687.9 t para después incrementarse, hasta 1 406.3 t anuales en 2017, principalmente de tilapia (datos oficiales de registro de capturas<sup>1</sup>).

Es por ello que conocer la edad y el crecimiento de la especie en este embalse es esencial para llevar a cabo un buen manejo de su pesquería, por lo que la finalidad de este estudio fue realizar un análisis preliminar de los datos de la edad de la tilapia azul *O. aureus*, por medio de la lectura de escamas en el embalse El Salto.

## Materiales y métodos

La presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto” se localiza en el municipio de Elota, Sinaloa, entre 24° 02' y 24° 06' N y 106° 35' y 106° 45' O. Se ubica en el río Elota, cubre una superficie máxima inundada de 3 200 ha y cuenta con 410 millones de m<sup>3</sup> de volumen máximo (Beltrán-Álvarez *et al.* 2015). El agua de la presa El Salto es de condiciones cálidas, oxigenadas, ligeramente alcalinas, moderadamente duras y en estado eutrófico, por lo que es adecuada para el desarrollo de las especies de peces que ahí se extraen (Gaspar-Dillanes *et al.* 2009<sup>2</sup>).

El estudio se llevó a cabo de marzo a agosto de 2009, los peces se recolectaron con redes agalleras con luz de malla desde 2.5 hasta 6.0 plg. De cada pez se tomó la longitud total (Lt, mm), peso total (Pt, g); se registró el sexo basado en diferencias sexuales externas y se realizó un corte longitudinal desde la sínfisis mandibular, hasta el orificio anal para exponer las gónadas y corroborar el sexo. De cada organismo se tomaron de debajo de la línea lateral y por encima de la aleta pectoral de 10 a 15 escamas, que se lavaron con una solución de hidróxido de amonio a 5% para eliminar el exceso de grasa y posteriormente se seleccionaron de seis a ocho escamas y se mon-

taron entre dos portaobjetos para su medición (Ruíz-Durá *et al.* 1970) con una cámara digital Leica® de cuatro megapíxeles acoplada a un microscópico y el programa de análisis de imagen (Motic Images Plus, versión 2.0 ML, Multi Language version Motic Group Corporation). Las imágenes de las escamas obtenidas fueron utilizadas para medir el radio de la escama (R = distancia del foco al margen anterior de la escama) y la distancia del foco a cada uno de los anillos formados ( $r_n$ ). Las lecturas de los anillos de crecimiento se llevaron a cabo por dos lectores en diferentes tiempos siguiendo el método descrito por Holden y Raitt (1975). El sesgo de edad y la precisión del conteo de anillos fueron examinadas con el Índice del Error Promedio Porcentual (EPP) (Beamish y Fournier 1981) entre las dos lecturas independientes de las escamas.

La relación entre la longitud total (Lt) y el radio de la escama (R) se estimó mediante el modelo lineal propuesto por Lee (1920) y se comparó por sexo utilizando un análisis de covarianza (Zar 1984).

Para la determinación de la periodicidad de la deposición de los anillos en las escamas se utilizó la información presentada por Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) y Peña-Messina *et al.* (2010), quienes mencionan que en esta especie durante un año se forman dos marcas de crecimiento. A partir de la longitud promedio calculada a cada marca de crecimiento se construyó la clave edad-longitud, con base en la cual se obtuvieron los parámetros  $k$  y  $L_\infty$ , por medio del método de Ford-Walford (Sparre y Venema 1997, Salgado-Ugarte *et al.* 2005) y la  $t_0$  se obtuvo mediante el método de Beverton y Holt (Sparre y Venema 1997, Salgado-Ugarte *et al.* 2005). Finalmente, para describir el crecimiento en longitud y peso se utilizó el modelo de von Bertalanffy (1938).

Como criterio para comparar las curvas de crecimiento obtenidas por diferentes autores, se utilizó el índice de crecimiento estándar ( $\phi' = \log k + 2 \log L_\infty$ ) (Munro y Pauly 1983).

La relación entre el peso total (Pt) y la longitud total (Lt) fue calculada con la función  $Pt = a Lt^b$ . Se evaluó la isometría de la pendiente obtenida con la prueba *t-Student* (Chatterjee y Hadi 2006). La longevidad de la especie se estimó utilizando el modelo  $t_{max} = (3/k) + t_0$  (Pauly 1984).

1. <https://sipesca.conapesca.gob.mx>, consultado 25 de junio de 2018.
2. Gaspar-Dillanes MT, VI González-Gallardo, E Romero-Beltrán, P Toledo, JA Bect-Valdez, E Márquez-García, JÁ Rivera, PM Medina-Osuna. 2009. Estudio biológico-pesquero, de la calidad del agua y socioeconómico en la presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno (El Salto), Sinaloa. Informe de Investigación. (Documento interno). Instituto Nacional de Pesca. México. 59p.

**Resultados**

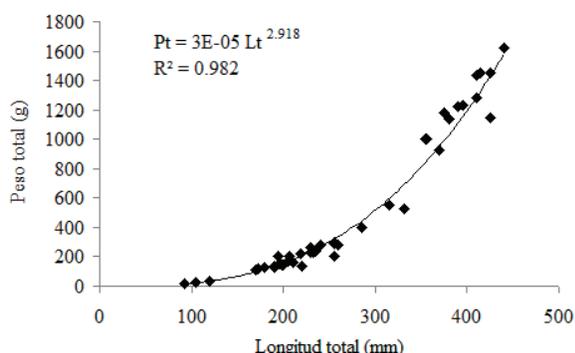
De los 60 peces recolectados, 29 fueron machos (50%), 20 hembras (34.5%) y once (15.5%) indeterminados; sólo 58 presentaron anillos legibles (93.5%); los datos obtenidos se encuentran en la *tabla 1*. No se encontraron diferencias significativas entre las longitudes de los machos y las hembras (U Mann-Whitney = 334.5;  $p > 0.05$ ).

**Tabla 1**

Valores mínimos y máximos de longitud y peso de hembras y machos de *Oreochromis aureus* de la presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto”, Sinaloa

	Indeterminados		Hembras		Machos	
	Lt (mm)	Pt (g)	Lt (mm)	Pt (g)	Lt (mm)	Pt (g)
Mínimo	93	19	180	125	173	120
Máximo	200	145	415	1 452	440	1 622
Promedio	129.25	56.75	282.5	525.7	308.8	720.2

El análisis preliminar de covarianza ( $F = 1.71$ ;  $p > 0.05$ ) a los datos de longitud total y peso total tomando en cuenta el sexo, no mostró diferencias significativas entre los sexos. La relación longitud-peso para toda la población describe un crecimiento potencial y se representa por el modelo  $Pt = 0.00003 \cdot Lt^{2.918}$ ;  $r^2 = 0.982$  (Fig. 1).



**Fig. 1.** Relación longitud-peso de la población de *Oreochromis aureus* de la presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto”, Sinaloa.

La relación indica un crecimiento alométrico con tendencia a la isometría ( $t$ -Student = 0.743;  $p > 0.05$ ). Antes de realizar la regresión de la relación radio de la escama-longitud, se aplicó el análisis de covarianza a los datos de longitud total y radio de las escamas tomando en cuenta el sexo

y el resultado no mostró diferencias significativas entre los sexos ( $F = 1.10$ ;  $p > 0.05$ ). La relación Lt-R fue significativa para machos y hembras combinados y se describe con una función lineal:  $Lt = 52.005 R + 19.158$  ( $r^2 = 0.831$ ;  $p < 0.05$ ).

En el conteo de los anillos de crecimiento en las escamas se alcanzó un nivel de acuerdo entre dos lectores de 93.5% en 58 mediciones, mientras que 6.45% ( $n = 4$ ) no fue legible, por lo que las escamas fueron excluidas del análisis. La comparación del número de anillos contados por los dos lectores no indicó un sesgo apreciable: el valor del EPP (1.32%) se consideró aceptable. Los peces capturados estuvieron en mayor proporción representados por la edad v y, en menor, las edades I y II. Considerando a Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) y Peña-Messina *et al.* (2010), cada edad podría representar seis meses, lo que correspondería a la época de reproducción de la especie para este embalse. Una vez realizado el retrocálculo, se procedió a obtener los valores promedio para cada edad (Tabla 2).

**Tabla 2**

Valores observados y obtenidos de longitud total (Lt) promedio en *Oreochromis aureus* en la presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto”, Sinaloa

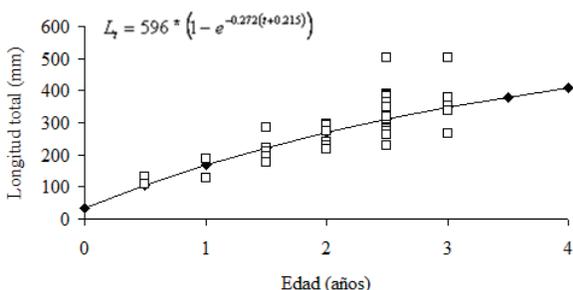
Edad	Proporción (%)	Lt observada (mm)	Lt calculada (mm)
I	3.4	106	109.90
II	3.4	152	165.35
III	29.3	209	217.34
IV	15.5	239	271.38
V	39.7	345	319.53
VI	8.6	398	344.79

En el análisis de escamas se identificaron seis grupos de edad para ambos sexos, la edad V se presentó con mayor frecuencia en las capturas. La *tabla 3* muestra los valores promedio para cada edad obtenida a partir del retrocálculo.

La edad máxima registrada en este estudio fue de tres años. Los valores de las constantes de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para ambos sexos son:  $L_{\infty} = 596$  mm,  $P_{\infty} = 3 760.8$  g,  $k = 0.272$ /año y  $t_0 = -0.215$ /año ( $r^2 = 0.996$ ). El valor de la longitud asintótica es más alto que el valor de longitud máxima observada (Tabla 1, Fig. 2).

**Tabla 3**  
Clave edad/longitud para ambos sexos de *Oreochromis aureus* (DE = desviación estándar) de la Presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto”, Sinaloa

Edad (años)	Núm. de organismos	Porcentaje	Longitud total (mm)					
			I	II	III	IV	V	VI
I	2	3.4	101.8					
II	2	3.4	92.0	129.9				
III	17	29.3	102.9	150.7	192.3			
IV	9	15.5	111.2	161.7	205.9	236.0		
V	23	39.7	115.9	180.4	237.6	284.4	320.8	
VI	5	8.6	115.9	166.9	230.8	275.0	313.5	344.7
Media			109.9	165.3	217.3	271.3	319.5	344.7
DE			34.9	47.1	53.8	57.3	61.8	75.1



**Fig. 2.** Curva de crecimiento de *Oreochromis aureus* de la presa Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto”, Sinaloa.

El índice de crecimiento estándar ( $\phi'$ ) obtenido en función de la relación existente de los valores de las constantes de crecimiento longitud infinita ( $L_\infty$ ) y la tasa de crecimiento ( $k$ ) para *O. aureus*, obtenidos en el presente trabajo y los que se han registrado en otros embalses de México, se incluyen en la *tabla 4*.

### Discusión

Las longitudes de *O. aureus* obtenidas en la presa El Salto son similares a las registradas por Ramos-Cruz (1995) en la presa Benito Juárez (Oaxaca) y por Peña-Messina *et al.* (2010) en la presa Aguamilpa (Nayarit), pero mayores a las obtenidas por Jiménez-Badillo (2006) en la presa El Infiernillo (Michoacán-Guerrero), Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) en la presa Sanalona (Sinaloa) y Gómez-Ponce *et al.* (2011) en la presa Zimapán (Hidalgo). Esta diferencia de longitud en los diferentes cuerpos de agua, puede deberse a la luz de malla del arte de pesca utilizado, así como a las condiciones ambientales prevalecientes en las regiones de estudio y al estado trófico de cada sistema acuático. Sin embargo, los valores obtenidos en este estudio son mucho mayores a los registrados para *Oreochromis niloticus*

**Tabla 4**

Parámetros de crecimiento de von Bertalanffy estimados para *Oreochromis aureus* en estudios previos en diferentes regiones de México.  $L_\infty$  = longitud asintótica ( $L_t$ , cm);  $k$  = coeficiente de crecimiento en un año;  $\phi'$  = índice de crecimiento estándar

Embalse	$L_\infty$ (cm)	$k$	$\phi'$	Longevidad (años)	Referencia
El Salto, Sin.	59.6	0.27	2.98	11	Este estudio
Sanalona, Sin.	41.6	0.36	2.79	8	Beltrán-Álvarez <i>et al.</i> (2010)
Eustaquio Buelna, Sin.	33.8	0.48	2.74	6	Beltrán-Álvarez <i>et al.</i> (2014)
Aguamilpa, Nay.	43.3	0.32	2.83	9	Peña-Messina <i>et al.</i> (2010)
Aguamilpa, Nay.	36.5	0.6	2.9	5	Orbe-Mendoza <i>et al.</i> (2002)
Infiernillo, Mich.	40.6	0.11	2.26	27	Guzmán (1994)
Infiernillo, Mich.	47.9	0.46	3.02	7	Jiménez-Badillo (2006)
Benito Juárez, Oax.	29.6	0.218	2.29	14	Ramos-Cruz (1995)
Zimapán, Hgo.	28.1	0.33	2.41	9	Gómez-Ponce <i>et al.</i> (2011)
Zimapán, Hgo.	41.3	0.66	3.05	5	Hernández-Montaño y Orbe-Mendoza (2002)

(Linnaeus 1758) por Pérez y Patlani (2002) en la presa Emiliano Zapata y por Gómez-Márquez *et al.* (2008) en el lago Coatetelco, ambos ubicados en el estado de Morelos, aunque similares a los reportados para esta misma especie en Mississippi, EU, por Grammer *et al.* (2012).

Al realizar la comparación de la distribución de frecuencias en longitud para machos y hembras se encontró que no existen diferencias significativas entre sexos y se demostró estadísticamente que los machos tienen la misma longitud que las hembras. Lo anterior es similar a lo reportado por Peña-Messina *et al.* (2010), pero contrario a lo señalado por Beltrán-Álvarez *et al.* (2010), quienes mencionan que los machos de *O. aureus* fueron más grandes que las hembras.

El análisis de la relación longitud-peso de ambos sexos mostró un crecimiento alométrico con tendencia a la isometría y no existen diferencias en la tasa de crecimiento relativo entre sexos. Estos resultados son similares a los reportados por Flores (2006) para el mismo cuerpo de agua que aquí se estudia y por Gómez-Ponce *et al.* (2011) para el reservorio Zimapán, pero diferente a lo encontrado por Ramos-Cruz (1995), Jiménez-Badillo (2006), Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) y Peña-Messina *et al.* (2010) en Sinaloa y otras regiones de México. Los estudios realizados en distintas especies de tilapias en embalses naturales y artificiales de México, muestran que los valores de la pendiente de esta relación oscilan entre 2.5 y 3.5 (Tesch 1968 y Granado 2002); el valor obtenido para la tilapia de la presa El Salto, Sin. ( $b = 2.91$ ) está dentro del intervalo mencionado, por lo que es adecuado y confiable, ya que la relación longitud-peso puede ser influenciada por el sexo, la madurez gonádica, la región geográfica y las condiciones ambientales (Tesch 1968).

Ibáñez (2004) indica que el coeficiente alométrico puede variar a lo largo del año alcanzando valores de tres cuando las condiciones ambientales son adecuadas para las especies. Además, Murphy *et al.* (1991) mencionan que el crecimiento alométrico de las diferentes especies de tilapia ha sido atribuido principalmente a problemas de alimentación y densidad de peces en cultivo en diferentes cuerpos de agua.

El análisis del retrocálculo es una técnica que permite estimar dimensiones corporales en etapas previas de la historia de vida de los pe-

ces. Existen dos supuestos para su aplicación: 1) periodicidad constante de los incrementos y 2) proporción constante entre el crecimiento de la estructura dura y el crecimiento somático del pez (Meekan *et al.* 1998). En este estudio se cumplió con los supuestos mencionados y se logró estimar la longitud total promedio correspondiente a cada grupo de edad. Durante la lectura de las marcas de crecimiento, se registraron seis grupos de edad similar a lo reportado para la misma especie por Beltrán-Álvarez *et al.* (2010); la variación en las longitudes estimadas para cada grupo de edad fue mayor en los primeros grupos y disminuyó en las siguientes edades. Una posible causa de esta variación, puede ser la variabilidad natural del crecimiento de los peces en el ambiente y la otra es la cantidad de organismos analizada.

A partir del número de los seis anillos observados en las escamas se determinaron seis grupos de edad para la tilapia de la presa El Salto; aun cuando la aparición de los anillos en las escamas no se pudo corroborar, ya que no se tiene un muestreo mensual durante un año, se consideraron los criterios de anillos anuales de acuerdo con lo reportado por Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) y Peña-Messina *et al.* (2010), para embalses del NO de México y cuyo resultado es de dos anillos por año. En este caso, la mayor captura comercial de tilapia que se realiza en la presa El Salto, se concentra en organismos de entre tres y cinco años de edad. Cabe señalar que en la captura se registraron organismos de menos de dos años pero en bajo porcentaje.

En este estudio no se registraron diferencias significativas entre los machos y las hembras, lo que permitió una mejor estimación de las constantes del modelo de von Bertalanffy, en comparación con estudios similares en otros cuerpos de agua en la República Mexicana. En la *tabla 4* se observa que existen diferencias en los datos de crecimiento en distintos embalses, lo que puede deberse a factores tales como la temperatura, el fotoperiodo, la calidad y la cantidad de alimento, el periodo de reproducción y la actividad metabólica, entre otros que afectan los parámetros de crecimiento, principalmente  $L_{\infty}$  y  $k$  (Everhart y Youngs 1981, Granado 2002). Es importante mencionar que la longitud máxima que registran Peña-Messina *et al.* (2010) fue de 31 cm, y Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) de 34.5 cm, valores

que son menores al registrado en este trabajo (44 cm).

De acuerdo con Gómez-Ponce *et al.* (2011), las especies del género *Oreochromis* alcanzan edades considerables principalmente en regiones de altas latitudes. Jiménez-Badillo (2006) menciona que en algunas presas de México se tienen registros de organismos de 11 años de edad, como *O. aureus* en la presa Infiernillo, y Ramos-Cruz (1995) de 14 años para la misma especie en Oaxaca. Para este estudio, la longevidad obtenida fue de 11 años, similar a lo reportado por Peña-Messina *et al.* (2010) para la tilapia de la presa Aguamilpa, Nay., y Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) para la misma especie en la presa Sanalona, Sinaloa.

Es necesario completar la prospección del recurso pesquero analizado para contar con más datos que permitan validar la información aquí presentada, ya que el valor estimado de longitud asintótica es mayor al reportado para esta especie en otros embalses, por lo que es posible que esté sobreestimado y se hace necesario tener mayor representación de las clases de edad, así como el reconocimiento de la época de reproducción para determinar la periodicidad de la depositación en los anillos y su influencia en la estimación de su edad y crecimiento. Además, es necesario registrar las condiciones ambientales que prevalecen en el embalse, a fin de conocer el efecto que éstos tienen sobre el recurso pesquero. El conocimiento de la edad y los parámetros de crecimiento permiten llevar a cabo adecuados manejo y conservación de esta pesquería, para beneficio de la comunidad que depende de este recurso pesquero.

## Literatura citada

- Arredondo-Figueroa JL, M Guzmán-Arroyo. 1986. Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 56(2): 555-572.
- Beamish RJ, DA Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38(8): 982-983. DOI: 10.1139/f81-132
- Beltrán-Álvarez R, J Sánchez-Palacios, GL Valdez, AA Ortega-Salas. 2010. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la Presa Sanalona, Sinaloa, México. *Revista de Biología Tropical* 58(1): 325-338.
- Beltrán-Álvarez R, J Sánchez-Palacios, JP Ramírez-Lozano, JA Santiago-Amaya. 2014. Edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Cichlidae) en el embalse Eustaquio Buelna, Sinaloa, México. *Ciencia Pesquera* 22(2): 37-46.
- Chatterjee S, AS Hadi. 2006. *Regression Analysis by Example*. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. EE. UU. 375p.
- Everhart WH, W Youngs. 1981. *Principles of fishery science*. Second Edition. Cornell University Press. EE. UU. 350p.
- Flores C. 2006. Análisis de los efectos de la selectividad de las redes agalleras sobre algunos aspectos de la pesquería comercial (*Oreochromis aureus*), en la presa Aurelio Benassini Vizcaíno “El Salto”, Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Gómez-Márquez JL, B Peña-Mendoza, IH Salgado-Ugarte, JL Arredondo-Figueroa. 2008. Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Revista de Biología Tropical* 56(2): 875-884.
- Gómez-Ponce MA, K Granados-Flores, C Padilla, M López-Hernández, G Núñez-Nogueira. 2011. Edad y crecimiento del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la represa “Zimapán” Hidalgo, México. *Revista de Biología Tropical* 59(2): 761-770.
- Grammer GL, WT Slack, MS Peterson, MA Dugo. 2012. Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) establishment in temperate Mississippi, USA: multi-year survival confirmed by otolith ages. *Aquatic Invasions* 7(3): 367-376. DOI: 10.3391/ai.2012.7.3.008
- Granado LC. 2002. *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. España. 356p.
- Guzmán UA. 1994. Parámetros biológicos de tilapia (*Oreochromis aureus* Steindachner, 1864) de la presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo”, Michoacán-Guerrero, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 33p.
- Hernández-Montaña D, A Orbe-Mendoza. 2002. Evaluación pesquera de la presa Fernando Hiriart Balderrama (Zimapán) Hidalgo-Querétaro, México: Opciones para su manejo. *En: G de la*

- Lanza-Espino, JL García-Calderón (eds.). *Lagos y presas de México*. AGT Editor SA, México. pp: 437-457.
- Holden MJ, DFS Raitt. 1975. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *FAO Documento Técnico de Pesca* 115, Rev. 1: 255p.
- Ibáñez AL. 2004. Impact of the timing of stocking on growth and allometric index in aquaculture-based fisheries. *Fisheries Management and Ecology* 11(2): 81-87. DOI: 10.1046/j.1365-2400.2003.00375.x
- Ibáñez AL, MA Romo-Coronel. 2007. Formation of ring marks in stocked tilapia juveniles (*Oreochromis aureus*/*O. niloticus*) (Perciformes: Cichlidae). *Revista de Biología Tropical* 55(3-4): 1005-1013.
- Jiménez-Badillo L. 2006. Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, Mexico and reproductive behavior. *Revista de Biología Tropical* 54(2): 577-588.
- Lee RM. 1920. A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales. Great Britain Ministry of Agriculture and Fisheries. *Fishery Investigations* ser. 2, 4(2): 1-32.
- Meekan MG, JJ Dodson, SP Good, DAJ Ryan. 1998. Otolith and fish size relationships, measurement error, and size-selective mortality during the early life of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55(7): 1663-1673.
- Morales DA. 1991. *La Tilapia en México. Biología, Cultivo y Pesquerías*. AGT Editor SA, México. 190p.
- Murphy BR, DW Willis, TA Springer. 1991. The relative weight index in fisheries management: Status and needs. *Fisheries* 16(2): 30-38. DOI: 10.1577/1548-8446(1991)016<0030:TRWIFF>2.0.CO;2
- Munro JL, D Pauly. 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte* 1: 5-6.
- Orbe-Mendoza AA, D Hernández-Montaño, J Acevedo-García, M Guzmán-Arroyo. 2002. Presa Aguamilpa, Nayarit, México. En: G de la Lanza-Espino, JL García-Calderón (eds.). *Lagos y presas de México*. AGT Editor SA, México. pp: 402-420.
- Pauly D. 1984. *Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators*. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews 8. 325p.
- Peña-Messina E, R Tapia Varela, JI Velázquez Abunader, AA Orbe Mendoza, JMJ Ruiz Velazco Arce. 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.
- Pérez OG, JS Patlani. 2002. Edad y crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. 87p.
- Ramos-Cruz S. 1995. Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la Presa Benito Juárez, Oaxaca, México, en 1993. *Ciencia Pesquera* 11: 54-61.
- Ruiz-Durá MF, Y Orijel-Arenas, G Rodríguez-Hernández. 1970. Líneas de crecimiento en escamas de algunos peces de México. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, *Serie Investigación Pesquera Estudio* 2: 97p.
- Salgado-Ugarte IH, JL Gómez-Márquez, B Peña-Mendoza. 2005. *Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. 240p.
- Sparre P, SC Venema. 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fisheries Technical Paper*, 306.1, Rev. 2: 420p.
- Tesch FW. 1968. Age and growth. In: WE Ricker. (ed.). *Method for assesment of fish production in freshwater*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. pp: 93-123.
- Von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. 11). *Human Biology* 10: 181-213.
- Zar JH. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall International, New Jersey. 718p.

Recibido: 20 de octubre de 2017

Aceptado: 24 de agosto de 2018