

# Edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Cichlidae) en el embalse Eustaquio Buelna, Sinaloa, México

Rigoberto Beltrán-Álvarez<sup>\*Δ</sup>, Jesús Sánchez-Palacios<sup>\*</sup>, Juan Pedro Ramírez-Lozano<sup>\*</sup>  
y Jesús Alonzo Santiago-Amaya<sup>\*</sup>

El embalse Eustaquio Buelna se ubica en el municipio de Salvador Alvarado, Sinaloa, México, donde la pesquería de la tilapia *Oreochromis aureus* se ha visto afectada por las variaciones de los volúmenes de almacenamiento y por la sobrepesca, lo que ha provocado modificaciones en su crecimiento, en comparación con lo que ocurre en otros embalses de la región. Con el propósito de establecer el crecimiento de *O. aureus* mediante el análisis de las escamas, se realizaron muestreos mensuales entre octubre 2009 y mayo 2010. Se capturaron 814 especímenes, 250 hembras y 564 machos. La longitud total ( $L_t$ ) varió de 90 a 270 mm en hembras y de 90 a 272 mm en machos, en tanto que los intervalos de peso total ( $P_t$ ) fueron de 30 a 360 g en hembras y de 17 a 299 g en machos. El exponente de la relación longitud-peso fue similar para los dos sexos y en ambos casos resultó significativamente menor que tres, indicando crecimiento alométrico negativo. La relación entre el radio total de la escama ( $R_t$ ) y la  $L_t$  quedó representada por el modelo  $L_t = 47.014 (R_t) + 21.459$  ( $r = 0.9349$  y  $p < 0.001$ ). Los modelos de crecimiento de von Bertalanffy fueron:  $L_t = 338[1 - e^{-0.4831(t + 0.4571)}]$  para la longitud, y  $P_t = 604[1 - e^{-0.4831(t + 0.4571)}]^{2.6975}$  para el peso. El modelo indicó un crecimiento menor del calculado en otros embalses de Sinaloa, que parece evidenciar que algunos factores locales como la reducción del volumen de almacenamiento y de espacio vital para la especie, altas temperaturas del agua, uso de artes de pesca con mallas menores a las recomendadas, no permiten el crecimiento normal de la tilapia en este embalse.

**Palabras clave:** Mojarra, edad, crecimiento, peces, embalses, Sinaloa.

## Age and growth of the tilapia *Oreochromis aureus* (Cichlidae) in the Eustaquio Buelna reservoir, Sinaloa, Mexico

The Eustaquio Buelna reservoir is located in the Salvador Alvarado municipality of the State of Sinaloa, Mexico. In this reservoir the fishery of the tilapia *Oreochromis aureus* has been affected by the variations of storage volumes and by overfishing, and it is presumed that this has caused modification of its growth, in comparison to other reservoirs of the region. Aiming to determine *O. aureus* growth through scale analysis, samples were monthly obtained from October 2009 to May 2010. Out of the 814 organisms captured, 250 were females and 564 were males. Total lengths ranged from 90 to 270 mm in females and from 90 to 272 mm in males, and the respective weight ranges were 30 to 360 g (females) and 17 to 299 g (males). The exponent of the length-weight potential equation was similar for males and females, and in both cases it was significantly less than three, indicating negative allometric growth. The model  $L_t = 47.014 (R_t) + 21.459$  ( $r = 0.9349$ ,  $p < 0.001$ ) represented the relationship between scale radius ( $R_t$ ) and total length. The von Bertalanffy's growth functions were:  $L_t = 338 [1 - e^{-0.4831(t + 0.4571)}]$ , and  $P_t = 604 [1 - e^{-0.4831(t + 0.4571)}]^{2.6975}$  for length and weight, respectively. These models showed lower growth than those from other regional reservoirs, indicating that growth of the species is affected by some local factors (such as the reduction of the volume of water stored, high water temperatures, use of fishing nets with less than the recommended mesh size) do not allow a normal growth in this reservoir.

**Key words:** Cichlid, age, growth, fish, reservoir, Sinaloa.

### Introducción

En México se han contabilizado alrededor de 4 500 cuerpos de agua continentales (Arredon-

do-Figueroa 2007); de éstos, poco más de 70 pertenecen al estado de Sinaloa (Beltrán 2003). En la mayoría de ellos se llevan a cabo actividades de pesca comercial y deportiva con la captura de

\* Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n, Colonia los Pinos, Mazatlán, Sinaloa, México. CP 82000. <sup>Δ</sup> rigober80@hotmail.com

especies de peces como la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864), el bagre *Ictalurus punctatus* (Rafinesque 1818), la carpa común *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758) y la lobina negra *Micropterus salmoides* (Lacépède 1802).

Debido a la sequía de los dos últimos años en el estado de Sinaloa, los volúmenes de aguas de los embalses han disminuido hasta niveles que han afectado la vida de los peces. Uno de los embalses que ha registrado amplias variaciones en sus niveles de almacenamiento es la presa Eustaquio Buelna, cuyas variaciones de nivel año con año oscilan entre 2 500 ha y un volumen de 103.4 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) durante la época lluviosa, a poco menos de 600 ha y 10 Mm<sup>3</sup> durante el estiaje. Las principales causas son la utilización de sus aguas en actividades agrícolas y abastecimiento de agua a la ciudad de Guamúchil y pueblos aledaños (Beltrán *et al.* 2010<sup>1</sup>).

La actividad de pesca comercial que se desarrolla en el embalse se ha visto afectada por la disminución de las poblaciones de peces, lo que se atribuye, por un lado, a los efectos de la disminución de los niveles de agua almacenados, que provoca reducción en los espacios para los organismos y de la productividad biológica del ecosistema. Por otro lado, se presume que los efectos de la sobrepesca son otros de los factores que intervienen para que la actividad pesquera haya disminuido hasta grados incosteables económicamente. Ante esta situación, los pescadores de los recursos pesqueros en el embalse han pensado en la posibilidad de que la tilapia no se desarrolla normalmente habiéndose afectado su crecimiento hasta manifestarse la presencia del enanismo de la especie.

Los estudios sobre la edad son necesarios para realizar adecuados manejo y explotación de los recursos pesqueros, ya que su estimación es uno de los elementos clave para entender la dinámica poblacional de las especies, puesto que se requiere para estimar parámetros como el crecimiento, longevidad, estructura por edades, tasa de mortalidad (Ehrhardt 1981, Ramos-Miranda *et al.* 2009), tamaño de la población, reclu-

tamiento, edad de primera madurez, así como la tasa de crecimiento individual de los peces, que influye en la sobrevivencia, la maduración sexual y la fecundidad (Jones 2002).

El crecimiento de los peces implica el cambio de tamaño en el tiempo y es resultado directo de procesos químicos, osmóticos y otros factores que contribuyen al aporte de material en el organismo (Tresierra y Culquichicón 1993); este proceso puede afectarse por cambios ambientales, por pérdida de calidad del agua o por la contaminación (Olmos 1990, Beltrán *et al.* 2005<sup>2</sup>). En este estudio se determinaron la edad y el crecimiento de la tilapia *O. aureus* del embalse Eustaquio Buelna y se tuvo el propósito de saber si los especímenes mantienen un ritmo de crecimiento individual similar al de los organismos de la misma especie en otros embalses del estado de Sinaloa; en el caso de ser diferentes, establecer las posibles causas.

## Materiales y métodos

El embalse Eustaquio Buelna se ubica en el estado de Sinaloa, México. La captura de los organismos se realizó mediante redes agalleras de 2 ½, 3 1/8, 3 ¼, 3 ½, 3 ¾ y 4 plg de luz de malla (equivalentes a: 6.35 mm, 7.94 mm, 8.22 mm, 8.89 mm, 9.5 mm y 10.16 mm, respectivamente). Los artes de pesca se colocaron al atardecer y se recogieron al amanecer del día siguiente, con un tiempo de operación cercano a 12 horas. Una vez recolectados, los organismos se separaron y se contaron de acuerdo con la luz de mallas con las que fueron capturados. Se registraron los datos biométricos de longitud total (mm), longitud patrón (mm) y altura (mm) del cuerpo mediante la utilización de un ictiómetro convencional con divisiones de 1 mm, el peso total y eviscerado (g) se obtuvieron con una balanza digital con 5 000 g de capacidad y 1 g de precisión.

La relación longitud-peso se analizó por sexo y para el total de los organismos ajustándose a un modelo de tipo potencial, cuya expresión

1. BELTRÁN AR, PJ Sánchez y LJP Ramírez. 2010. Plan de manejo de la presa Eustaquio Buelna, Sin. México. CONAPESCA-UAS. 82p.

2. BELTRÁN AR, PJ Sánchez y LJP Ramírez. 2005. Plan de manejo de la presa Adolfo López Mateos "El Varejonal, Sin., México. CONAPESCA-UAS. 96p.

matemática de acuerdo con Ricker (1975) se define por:

$$Pt = a Lt^b \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:  $Pt$  = peso total,  $Lt$  = longitud total,  $a$  = intercepto y  $b$  = exponente también llamado coeficiente de alometría. La comparación de las pendientes de esta relación entre sexos se realizó mediante un análisis de covarianza (ANCOVA). Mediante la prueba  $t$  de Student se comparó el exponente  $b$  de la relación longitud-peso contra un valor de  $b = 3$ , lo que permitió establecer el tipo de crecimiento.

La determinación de la edad se realizó mediante el conteo de marcas de crecimiento en las escamas obtenidas de la región del cuerpo protegida por las aletas pectorales y debajo de la línea lateral. En el laboratorio se prepararon según lo recomendado por Tesh (1968) y Ruiz-Dura *et al.* (1970). Las marcas de crecimiento en las escamas se leyeron con un proyector de escamas marca Bausch and Lomb mediante luz transmitida con el objetivo de 3.2X. La determinación de la longitud del pez a cada marca de crecimiento se realizó aplicando el método de retrocálculo mediante la fórmula de proporción directa de Lea (1910), modificada por Fraser (1916) y Lee (1920), cuya fórmula es la siguiente:

$$Ln - a = \left( \frac{Rn}{Rt} \right) (Lt - a) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:  $Ln$  = longitud a la que se forma el anillo,  $Lt$  = longitud total del pez en el tiempo de captura,  $Rn$  = distancia del foco de la escama al anillo  $n$ ,  $Rt$  = distancia del foco al borde de la escama y  $a$  = factor de corrección (intercepto de la regresión lineal entre el radio de la escama y la longitud del pez).

Para estimar el crecimiento individual se utilizó el modelo de von Bertalanffy (1938) cuyas expresiones matemáticas del modelo son, para la longitud:

$$Lt = L_{\infty} \left( 1 - e^{-k(t-t_0)} \right) \quad \text{Ec. 3}$$

y para el peso:

$$Pt = P_{\infty} \left( 1 - e^{-k(t-t_0)} \right)^b \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:  $L_{\infty}$  = longitud infinita del pez,  $P_{\infty}$  = peso infinito del pez,  $k$  = tasa de crecimiento o constante de catabolismo,  $t$  = edad,  $t_0$  = tiempo teórico de inicio de crecimiento del pez,  $b$  = pendiente de la regresión longitud-peso. Parte de los análisis de la información se procesó mediante la hoja de cálculo Excel y los paquetes estadísticos Statistica y Sigma Stat.

Para el cálculo de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy se utilizó el método de mínimos cuadrados no lineales mediante la función Solver de la hoja de cálculo Excel.

## Resultados

### *Estructura en talla y peso de la población*

Se analizaron 250 hembras y 564 machos, las primeras presentaron una talla mínima de 90 mm y una máxima de 270 mm con una longitud promedio de 191.8 mm  $\pm$  23 mm que se distribuyen principalmente entre la longitud de 160 mm a 210 mm, los segundos presentaron una talla mínima de 90 mm y una máxima de 272 mm, con un promedio de 200.9 mm  $\pm$  18.1 mm. El mayor número se encontró distribuido entre las tallas de 180 mm a 230 mm (Fig. 1). El análisis de las tallas por sexos separados mostró que hubo diferencias significativas entre ambos (prueba Mann-Whitney,  $U = 48\ 501$ ,  $p < 0.001$ ), es decir, los machos tuvieron longitudes promedio mayores que la hembras, corroborado al contrastar las distribuciones de tallas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Zar 1974), que indicó que existe diferencia significativa en las longitudes promedio entre sexos ( $D = 0.2680$ ,  $p < 0.001$ ).

La distribución de pesos por sexos separados muestra que las hembras registran un peso mínimo de 30 g y un máximo de 360 g con promedio de 139 g  $\pm$  47 g, las mayores frecuencias se localizaron entre los pesos de 80 g a 190 g. Los machos presentaron un peso mínimo de 17 g y un máximo de 299 g con un promedio de 151 g  $\pm$  36 g; la mayoría de los pesos se encontró entre las clases de 120 g y de 200 g (Fig. 2). El análisis

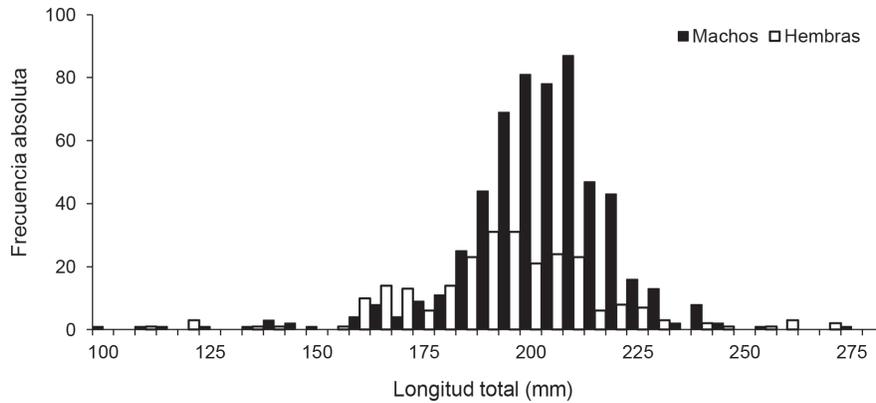


Fig. 1. Distribución de frecuencias de longitud por sexos de *Oreochromis aureus*.

de los pesos por sexos mostró que hubo diferencias significativas (prueba Mann-Whitney,  $U = 55\ 349$ ,  $p < 0.001$ ), es decir, los machos tuvieron un peso mayor que las hembras, lo que fue confirmado al comparar las distribuciones de pesos donde se encontraron diferencias significativas entre sexos (prueba Kolmogorov-Smirnov,  $D = 0.1893$ ,  $p < 0.001$ ).

#### Relación Longitud total-Peso total

La relación de estas dos variables se ajustó a un modelo del tipo potencial (Fig. 3) cuya función matemática quedó expresada mediante la ecuación  $P_t = 0.000091 \cdot L_t^{2.6975}$  ( $r = 0.9611$ ,  $p < 0.001$ ). El análisis de esta relación por sexos separados mostró que en las hembras el modelo fue  $P_t = 0.000068 \cdot L_t^{2.7565}$  ( $r = 0.9754$ ,  $p < 0.001$ ), en tanto que las tilapias macho tuvieron una relación funcional de:  $P_t = 0.000087 \cdot L_t^{2.7051}$  ( $r = 0.960$ ,  $p < 0.001$ ). Al realizar la comparación entre sexos

de las pendientes de la relación longitud total contra el peso total, no se encontraron diferencias significativas (ANCOVA,  $gl = 946$ ,  $F = 1.3639$ ,  $p = 0.2431$ ).

El tipo de crecimiento se estableció mediante la prueba estadística de *t de Student* al exponente *b* de las relaciones longitud-peso de cada sexo, resultó que en ambos casos fue significativamente menor que el valor teórico de 3 ( $t = -7.6334$ ,  $p < 0.001$  para las hembras y  $t = -9.9215$ ,  $p < 0.001$  para los machos), por lo que se consideró, tanto en hembras como en machos, el crecimiento de *O. aureus* como alométrico negativo.

Para establecer la relación entre radio total de la escama del pez ( $R_t$ ) y su longitud total ( $L_t$ ), se analizaron un total de 274 peces de los cuales 102 correspondieron a hembras y 172 fueron de machos. El análisis por sexos separados mostró una relación de tipo lineal y cuyo modelo en el caso de las hembras fue  $L_t = 48.543(R_t) + 14.583$  con  $r = 0.9634$ , mientras que en los machos fue

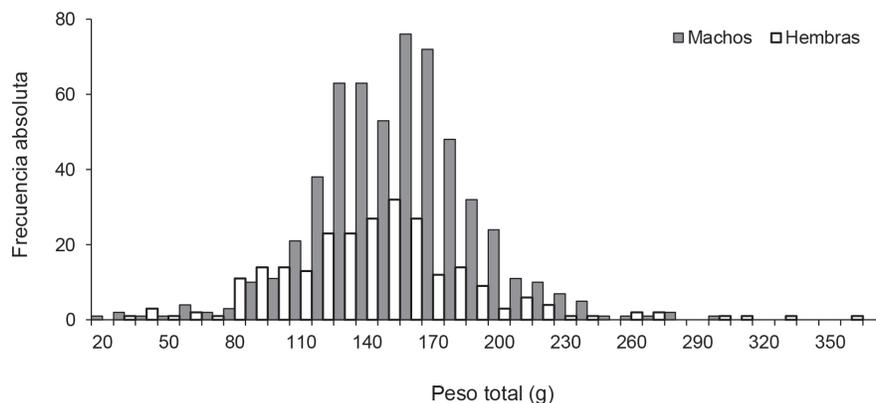


Fig. 2. Distribución de frecuencia en peso en ambos sexos de *Oreochromis aureus*.

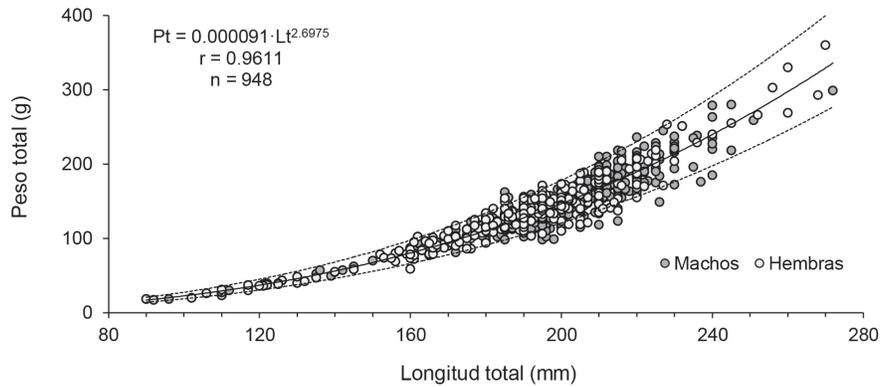


Fig. 3. Relación entre la longitud total y el peso total por sexos de *Oreochromis aureus*.

$L_t = 46.704 (R_t) + 23.175$  con  $r = 0.934$ . Al comparar las pendientes mediante el análisis de covarianza se encontró que no existen diferencias significativas entre machos y hembras (ANCOVA,  $F = 0.8520$ ,  $P = 0.3568$ ). La relación entre estas variables para el conjunto de los organismos (Fig. 4) quedó representada por el modelo  $L_t = 47.014 (R_t) + 21.459$  ( $r = 0.9349$  y  $p < 0.001$ ).

La tabla 1 muestra los valores estimados mediante el retrocálculo de longitud total de *O. aureus* a cada marca de crecimiento para el total de los organismos, donde el máximo de marcas fue de cuatro, de las cuales seis fueron hembras y dos machos, 78 con tres marcas 22 hembras y 56 machos, 155 con dos marcas 58 hembras y 97 machos, 33 con una marca 16 hembras y 17 machos.

#### Índice marginal

Al realizar el análisis gráfico de la evolución del índice marginal (*IM*) mensual en el tiempo para el total de la población de *O. aureus* (Fig. 5), se

Tabla 1  
Longitud total promedio (mm) a cada marca de crecimiento para el total de los organismos *Oreochromis aureus*

Marca de crecimiento	Longitud total promedio (mm) a cada marca de crecimiento				Número de organismos
	L1	L2	L3	L4	
1	<b>113.4</b>				33
2	127.6	<b>173.1</b>			155
3	123.4	170.0	<b>205.1</b>		78
4	121.7	171.4	210.5	<b>235.6</b>	8
Media	124.9	172.0	205.6	235.6	
Desv. estándar	13.10	12.27	9.59	11.82	
Coef. de variación (%)	10.48	7.13	4.66	5.02	

observa que de manera general este índice aumenta de octubre de 2009 hasta alcanzar valores altos en diciembre del mismo año. En el siguiente mes (enero de 2010) se registran los valores más bajos de este índice, que de nueva cuenta

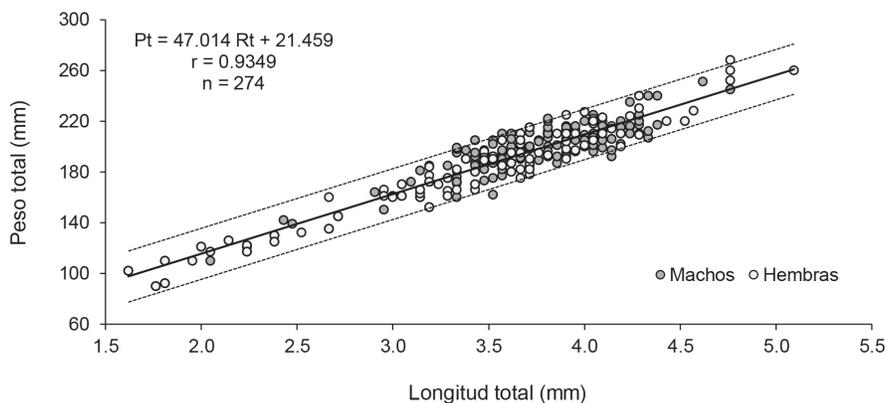


Fig. 4. Relación entre el radio total de la escama y la longitud total de *Oreochromis aureus*.

tiende a incrementarse en los siguientes meses hasta alcanzar otro máximo en abril con un ligero descenso en mayo. Lo anterior indica dos periodos de formación de marcas en las escamas en el año, una en el invierno (dic-feb) y otra a juzgar por la tendencia, en los meses cálidos del verano (posteriores a mayo).

*Edad y crecimiento*

Con las longitudes promedio obtenidas por retrocálculo para cada marca de crecimiento y del establecimiento aproximadamente semestral de su formación, se construyó la clave edad-longitud tanto para machos como para hembras, así como el total de los organismos muestreados (Tabla 2). Sólo durante el primer año se observó un rápido crecimiento en ambos sexos, si bien disminuyó el ritmo en los siguientes años. Este análisis dio como resultado una edad máxima de dos años.

Los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy se presentan en la tabla 3. Tanto la longitud infinita como el valor de  $t_0$  resultaron ser mayores en las hembras y en el caso del valor de  $k$ , resultó mayor en los machos.

Una vez obtenidos los parámetros de crecimiento se calcularon las ecuaciones y las curvas de crecimiento teóricas en longitud, solamente para el total de los organismos.

Para establecer la ecuación de crecimiento en peso se calculó el peso máximo teórico ( $P_\infty$ ) a partir de la longitud infinita ( $L_\infty$ ), sustituyendo en la ecuación longitud-peso correspondiente.

**Tabla 2**  
Clave edad-longitud calculadas para hembras, machos y el total de los organismos de *Oreochromis aureus*

Edad (años)	Longitud Total (mm)		Total
	Hembras	Machos	
0.5	124.1	123.9	124.9
1	171.2	172.1	172.0
1.5	206.1	205.3	205.6
2	237.1	230.8	235.6

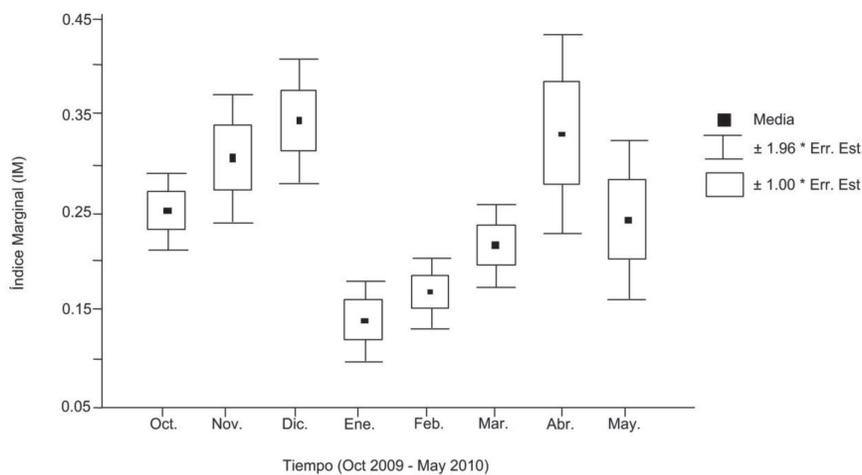
**Tabla 3**  
Parámetros calculados para *Oreochromis aureus* a partir de mínimos cuadrados no lineales

	$L_\infty$	$k$	$t_0$	$\Sigma e^2$
Hembras	357	0.4395	-0.4734	2.1
Machos	294	0.6561	-0.3347	0.6
Total	338	0.4831	-0.4571	3.1

El modelo quedó representado de la siguiente manera.  $L_t = 338[1 - e^{-0.4831(t + 0.4571)}]$ . La curva de crecimiento calculada se muestra en la figura 6.

El peso infinito teórico calculado fue  $P_\infty = 0.000091(338)^{2.6975} = 604$  g. Por lo que el modelo de crecimiento en peso fue  $P_t = 604[1 - e^{-0.4831(t + 0.4571)}]^{2.6975}$  y la curva de crecimiento en peso se muestra en la figura 7.

En la figura 8 se muestran las curvas de crecimiento en longitud calculadas para *O. aureus* en distintos embalses de Sinaloa: Luis Donaldo Colosio “Huites” (Sánchez 2000), Adolfo López Mateos “El Varejonal” (Ramírez 2007), Sanalona



**Fig. 5.** Comportamiento del índice marginal de las escamas de *Oreochromis aureus*.

(Beltrán *et al.* 2010), Gustavo Díaz Ordaz “Bacurato” (Beltrán *et al.* 2010) y la obtenida en el presente trabajo donde se observa que las tilapias del embalse Eustaquio Buelna muestran un ritmo de crecimiento menor que el registrado por estos organismos en los demás embalses de la región, haciéndose más notable después del primer año, precisamente cuando estos organismos se capturan en la pesca comercial en este embalse.

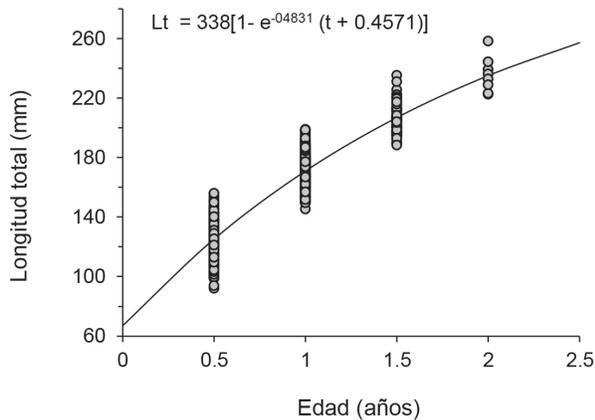


Fig. 6. Curva de crecimiento para la longitud para el total de organismos de *Oreochromis aureus*.

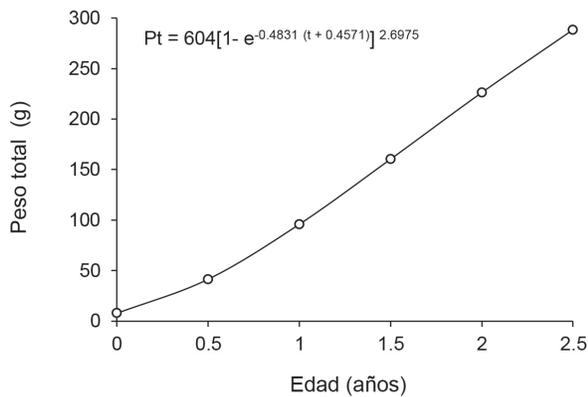


Fig. 7. Curva de crecimiento en peso para el total de los organismos de *Oreochromis aureus*.

## Discusión

La interpretación de la edad y el crecimiento a partir de estructuras duras como las escamas se basa en el supuesto de que rasgos periódicos como los anillos se forman de manera constante y que la distancia entre ellos son proporcionales

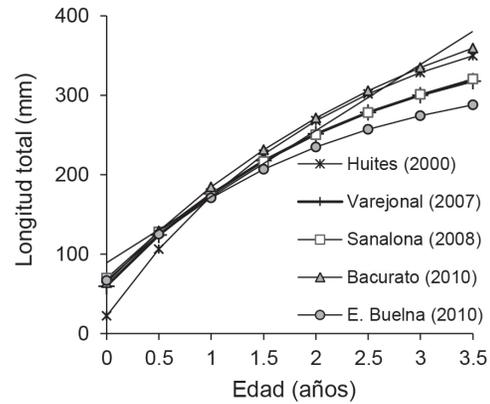


Fig. 8. Curvas de crecimiento de *Oreochromis aureus* en distintos embalses del estado de Sinaloa, México.

al crecimiento del pez; por ello, el tamaño de la escama refleja la talla del pez (Campana y Neilson 1985). Por lo anterior, es necesario conocer la relación que guarda la escama respecto a la longitud del pez. En el presente trabajo, la relación encontrada entre la longitud del radio total de la escama ( $R_t$ ) y la longitud total del pez ( $L_t$ ) resultó ser de tipo lineal; asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre sexos.

El método de retrocálculo de longitudes pre-teritas brinda la oportunidad de conocer la historia del crecimiento individual de los peces, ya que cualquiera que sea el método utilizado, éste se apoya en el supuesto de que existe una proporcionalidad entre el crecimiento somático y el crecimiento de la estructura dura del organismo analizado (Everhart *et al.* 1976, Hare y Cowen 1995, Meekan *et al.* 1998). En el presente trabajo se cumplió con los supuestos anteriores y de esta manera se logró estimar la longitud total promedio, correspondiente a cada grupo de edad. Se registraron cuatro grupos de edad, los más abundantes fueron el dos y el tres, representando 81% de hembras y 91.5% de machos. Con respecto a la variación de las longitudes calculadas en cada grupo de edad, se observó que el primer grupo presentó la mayor variación (10%) y disminuyó (5%) en los grupos de edad mayores. Una posible causa de esta variación, además de la variabilidad natural del crecimiento de los peces, es que en los cálculos de los grupos de edad se incluyen organismos que nacieron en tiempos diferentes, ya que *O. aureus*, al ser un reproductor parcial extiende su periodo reproductivo durante varios meses del año.

En estudios sobre edad que involucran la lectura de cualquier estructura dura de los peces, como las escamas, es de suma importancia la validación de la aparición de las marcas de crecimiento, es decir, la asignación de una temporalidad a la formación de los anillos (Carlander 1982, Casselman 1983, Beamish y McFarlane 1987). En este caso, para la validación de la aparición de las marcas de crecimiento en escamas se realizó el seguimiento del índice marginal promedio mensual (*IM*), cuyo gráfico mostró dos periodos de formación de marcas aproximadamente semestrales, una en invierno en los meses de diciembre a febrero y la otra en los meses cálidos del verano posteriores a mayo. La primera formación de la marca de crecimiento pudiera estar asociada principalmente con factores ambientales, como la baja de temperatura durante los meses de invierno, ya que los organismos tienden a gastar su energía en mantener su temperatura corporal, además de que su ritmo metabólico se reduce significativamente. El segundo periodo de formación de marca, en el estiaje, podría ser el resultado de múltiples causas que influyeron en el ritmo metabólico de los peces entre las que se pueden mencionar las altas temperaturas que se registran en el verano, lo que provoca que la estratificación térmica de la columna de agua se intensifique, acotando el oxígeno disuelto en el agua sólo a los primeros metros de profundidad, lo que finalmente limita enormemente la capa de agua con condiciones adecuadas para el desarrollo de los peces. Una causa más podría ser la disminución considerable en el volumen del cuerpo de agua por el estiaje, ya que la superficie cubierta de agua llegó a ser de sólo 20% (Beltrán *et al.* 2010), lo que aumenta la competencia por espacio y alimento. Lowe-McConnell (1987) menciona que en aguas dulces tropicales las fluctuaciones climáticas son regulares asociadas con el estiaje y las lluvias.

Un factor más que puede sumarse a las posibles causas de formación de marcas en las escamas en el verano es la reproducción, ya que en este periodo se registran los mayores porcentajes de peces maduros. Una parte importante de la energía de los peces se desvía hacia la maduración de las gónadas; en este sentido, Babiker e Ibrahim (1979) señalan que los gastos energéticos en las tilapias son muy intensos durante pe-

riodos de reproducción, lo que tiene un efecto en el crecimiento. Las consideraciones anteriores conducen al supuesto de que la temporalidad de formación de las marcas de crecimiento en las escamas de *O. aureus* en este embalse es aproximadamente semestral. Este mismo comportamiento ha sido reportado por otros autores en miembros de la familia Cichlidae, entre los que se puede mencionar a Bwanika *et al.* (2007) en los lagos Nabugabo y Wamala, Uganda, quienes encontraron, con base en el índice marginal en otolitos de *O. niloticus*, la formación de dos marcas de crecimiento por año. Para esta misma especie, en México, Garduño y Avelar (1996) encontraron dos periodos de formación de marcas en las escamas en la Laguna de Coatetelco, Morelos, y Jiménez-Badillo (2006) en la presa El Infiernillo, en otolitos, asociándolas a eventos reproductivos y a disminución del nivel del agua del embalse durante el estiaje.

En el presente estudio se calcularon los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy a través del método de mínimos cuadrados no lineales. Mediante este método se estimó una longitud máxima teórica ( $L_{\infty}$ ) mayor en las hembras (357 mm) que en los machos (294 mm); en contraste, la tasa de crecimiento ( $k$ ) fue menor en hembras (0.4395) que en machos (0.6561). El valor del coeficiente metabólico ( $k$ ) en los machos indica que pueden alcanzar en un menor tiempo una talla cercana a su longitud máxima teórica. La diferencia en los parámetros de crecimiento probablemente fue causada por la diferencia en el número de organismos, ya que aunque en general los machos fueron más abundantes que las hembras, en el grupo de edad mayor (dos años), sólo se registraron dos machos mientras que las hembras fueron seis, lo que influyó en la parte final de la curva de crecimiento y, por consiguiente, en los valores de los parámetros. La tasa metabólica estimada para *O. aureus* en el presente estudio de  $k = 0.4831$ , es mayor que la reportada por varios autores en el mismo estado de Sinaloa, entre los que se puede mencionar a Sánchez (2000) con  $k = 0.4574$ , Ramírez (2007) con  $k = 0.4323$  y Valdez (2008) con  $k = 0.416$ . De la misma manera, el valor de longitud máxima estimada de  $L_{\infty} = 338$  mm fue mayor a lo reportado por Ramos-Cruz (1995) con  $L_{\infty} = 296$  mm en la presa Benito Juárez, Oaxaca

y por Gómez-Ponce *et al.* (2011), de  $L_{\infty} = 281$  mm en la presa Zimapán, Hidalgo, pero menor a lo encontrado por Arellano y Hernández (2002<sup>3</sup>) de  $L_{\infty} = 390$  mm en el lago de Chapala, Jalisco; Jiménez-Badillo (2006), de  $L_{\infty} = 479$  mm en la presa El Infiernillo, Michoacán y también menor a los reportes para esta especie en los embalses sinaloenses; Sánchez (2000), de  $L_{\infty} = 432$  mm; Ramírez (2007), de  $L_{\infty} = 391$  mm y de Beltrán *et al.* (2010b), de  $L_{\infty} = 416$  mm. Esta diferencia en los parámetros de la ecuación de crecimiento podría deberse al intervalo de tallas y edades de las tilapias analizadas en estos embalses, que fueron mayores a los del presente trabajo, donde los organismos no alcanzan a desarrollar esas edades debido a que son capturados antes, a tallas más pequeñas, como consecuencia de la selectividad de las redes de luz de malla pequeñas utilizadas en la captura comercial.

## Conclusiones

El crecimiento de la *O. aureus* en el embalse Eustaquio Buelna resulta similar durante el primer año y menor en los siguientes años, en relación con el registrado en otros embalses del estado de Sinaloa.

Aparentemente, el crecimiento después del primer año se ve afectado por diversos factores tales como la reducción de volumen y espacio del embalse, lo que deriva en mayor competencia por espacio y alimento entre los organismos de la misma y otras especies que habitan el embalse.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Produce Sinaloa por el apoyo otorgado para la realización de este estudio, así como a los pescadores que dieron todas las facilidades para el trabajo de campo. A los revisores y los editores de la

revista cuyos comentarios mejoraron sustancialmente el manuscrito.

## Literatura citada

- ARREDONDO-FIGUEROA JL. 2007. Caracterización limnológica. En: JL Arredondo-Figueroa, G Díaz Zavaleta y JT Ponce-Palafox (eds.). *Limnología de las presas mexicanas. Aspectos teóricos y prácticos*. AGT, México, pp: 219-237.
- BABIKER MM y H Ibrahim. 1979. Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (Linneo): gonadal maturation and fecundity. *Journal Fish Biology* 14: 437-448.
- BEAMISH JR y GA McFarlane. 1987. Current trends in age determination methodology. En: RC Summerfield y G Hall (eds.). *The age and growth of fish*. Iowa State University Press, Iowa, pp: 15-42.
- BELTRÁN AR. 2003. Las aguas continentales de Sinaloa. En: QC Karam y JL Beraud (comps.). *Sinaloa y su ambiente. Visiones y Perspectivas*. Universidad Autónoma de Sinaloa. México, pp: 159-183.
- BELTRÁN AR, J Sánchez P y GL Valdez. 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.
- BWANIKA GN, DJ Murie y LJ Chapman. 2007. Comparative age and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in lakes Nabugabo and Wamala, Uganda. *Hydrobiología* 589: 287-301.
- CAMPANA SE y JD Neilson. 1985. Microstructure of otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 1014-1032.
- CARLANDER KD. 1982. Standard intercepts for calculating lengths from scale measurements for some centrarchid and percoid fishes. *Transaction of American Fisheries Society* 111: 332-336.
- CASSELMAN JM. 1983. Age and growth assessment of fishes from their calcified structures-techniques and tools. U.S. Department Commerce, *NOAA Technical Report. NMFS* 8: 1-17.
- EHRHARDT NM. 1981. *Curso sobre métodos en dinámica de poblaciones*. Primera parte: Estimación de parámetros poblacionales. FAO-INP. México. 133p.
- EVERHART WH, AW Eipper y WD Young. 1976. *Principles of fishery sciences*. Cornell University Press. Ithaca, NY, pp: 56-82.

3. ARELLANO TA y D Hernández M. 2002. Evaluación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* del lago de Chapala, Jalisco, México. (Documento interno). Instituto Nacional de la Pesca, CRIP-Pátzcuaro. 4p.

- FRASER CMcL. 1916. Growth of the spring salmon. *Trans-Pacific Fisheries Society. Seattle for 1915*: 29-39.
- GARDUÑO PM y EJ Avelar. 1996. Edad y crecimiento de la mojarra (*Oreochromis niloticus*) en la laguna de Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 71p.
- GÓMEZ-PONCE MA, K Granados Flores, C Padilla, M López-Hernández y 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.
- HARE JA y RK Cowen. 1995. Effect of age, growth rate, and ontogeny on the otolith size fish size relationship in bluefish, *Pomatomus saltatrix*, and the implications for back calculation of size in fish early life history stages. *Canada Journal of Fisheries and Aquatic Science* 52: 1909-1922.
- JIMÉNEZ-BADILLO L. 2006. Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes y Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, Mexico, and reproductive behavior. *Revista de Biología Tropical* 54(2): 577-588.
- JONES CM. 2002. Age and growth. En: LA Fuiman y RG Werner (eds.). *Fishery Science: The unique contributions of early life stages*. Blackwell Publishing. Oxford. 326p.
- LEA E. 1910. On the methods used in herring investigations. *Publication Conseil Permanent International pour L'Exploration de la Mer* No. 53. 174p.
- LEE RM. 1920. A review of the methods of age and growth determinations by means of scales. *Fishery Investigation*, London, Ser. II 4(2): 1-32.
- LOWE-MCCONNELL RM. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press, England. 382p.
- MEEKAN MG, JJ Dodson, SP Good y DAJ Ryan. 1998. Otolith and fish size relationships, measurement error, and size-selective mortality during the early life of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canada Journal of Fisheries Aquatic Science* 55(7): 1663-1673.
- OLMOS TE. 1990. *Situación actual y perspectivas de las pesquerías derivadas de la acuicultura*. Secretaría de Pesca, México. 77p.
- RAMÍREZ JH. 2007. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864) de la presa Adolfo López Mateos "El Varejonal" Badiraguato Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. 61p.
- RAMOS-CRUZ S. 1995. Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864) en la presa Benito Juárez, Oaxaca. *Ciencia Pesquera* 11: 51-65.
- RAMOS-MIRANDA J, K Bejarano-Hau, D Flores-Hernández y L Ayala-Pérez. 2009. Growth, mortality, and recruitment of the star drum (*Stellifer lanceolatus*) in the southern Gulf of Mexico. *Ciencias Marinas* 35(3): 245-257.
- RICKER W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 191: 372p.
- RUIZ-DURÁ MF, A Origel y G Rodríguez. 1970. *Líneas de crecimiento en escamas de algunos peces de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras. Serie Investigación Pesquera, México, Estudio 2: 97p.
- SÁNCHEZ PJ. 2000. Determinación de la edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864) (Pisces: Cichlidae) en la presa Luis Donaldo Colosio, Choix, Sinaloa, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México.
- TESCH FW. 1968. Age and Growth. En: WE Ricker. *Methods for assessment of fish production in Fresh Waters*. Blackwell Sciences Publication IBP Handbook No. 3.
- TRESIERRA A y Z Culquichicón. 1993. *Biología pesquera*. Ed. Libertad, Trujillo, Perú. 288p.
- VALDEZ LGL. 2008. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner 1864) en el embalse "Sanalona", Sinaloa, México, durante en el ciclo anual. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 73p.
- VON BERTALANFFY L. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquires on growth laws II). *Human Biology* 10(2): 181-213.
- ZAR HJ. 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall Biological Sciences Series, USA. 620p.

Recibido: 3 de febrero de 2014.

Aceptado: 4 de septiembre de 2014.