

# Caracterización de la curva de crecimiento en dos especies de pez blanco *Chirostoma estor*, *C. promelas* y sus híbridos

## Characterization of the growth curve in two species of silverside *Chirostoma estor*, *C. promelas* and their hybrids

Ana Carmen Delgadillo-Calvillo\* Carlos Antonio Martínez-Palacios\*\* José Manuel Berruecos-Villalobos\*  
Raúl Ulloa-Arvizu\* Reyes López-Ordaz\* Carlos Gustavo Vásquez-Peláez\*

### Abstract

The objective of the present study was to estimate growth curve parameters of length and weight in whitefish *Chirostoma estor* (EE), blacknose silverside *Chirostoma promelas* (PP) and their reciprocal hybrids (EP and PE) up to 300 days of age from a complete diallel cross under culture conditions in Morelia, Michoacan, Mexico. The length was measured monthly from hatching, while the weight was measured monthly from 120 days of age. The total number of each observation (samples) was analyzed for length 1006 (26), 771 (22), 513 (22) and 421 (21) for groups EP, PE, PP and EE, respectively. Total number of observations (samples) was analyzed for weight 630 (16), 521 (14), 263 (13) and 256 (13) for groups EP, PE, PP and EE, respectively. The growth curves for weight and length were estimated using nonlinear regression models. The group EE reached an estimated weight of 7.89 g at 300 days of age, 65% higher than the PP (4.78 g) and 57 % higher than the average of their hybrids ( $P < 0.01$ ); EE had a length of 9.31 cm (14%) larger than PP (7.97 cm) and 13% larger than the average of their hybrids ( $P < 0.01$ ). The four groups showed a positive allometric growth with values of 3.20 to 3.3 ( $P < 0.05$ ). The results of this study are the first comparative estimates of growth characteristics up to 300 days of age for these species and their hybrids in captivity.

**Key words:** ALLOMETRIC COEFFICIENT, *CHIROSTOMA ESTOR*, *C. PROMELAS*, GROWTH CURVE.

### Resumen

El objetivo del presente estudio fue estimar parámetros de las curvas de crecimiento del peso y la longitud en el pez blanco *Chirostoma estor* (EE), el pez blanco pico negro *Chirostoma promelas* (PP) y de sus híbridos recíprocos (EP y PE) hasta los 300 días de edad a partir de un cruzamiento dialélico completo bajo condiciones de cultivo en Morelia, Michoacán, México. La longitud se midió mensualmente desde la eclosión, mientras que el peso se midió mensualmente a partir de los 120 días. Los números totales de observaciones (muestras) analizadas para longitud fueron 1006 (26), 771 (22), 513 (22) y 421 (21) para los grupos EP, PE, PP y EE, respectivamente. Los números totales de observaciones (muestras) analizadas para peso fueron 630 (16), 521 (14), 263 (13) y 256 (13) para los grupos EP, PE, PP y EE, respectivamente. Las curvas de crecimiento para peso y longitud se estimaron con modelos de regresión no lineal. El grupo EE alcanzó un peso estimado de 7.89 g a los 300 días de edad, 65% mayor que el de PP (4.78 g) y 57% mayor que el promedio de los híbridos ( $P < 0.01$ ); EE tuvo una longitud de 9.31 cm (14%) mayor que PP (7.97 cm) y 13% mayor que la del promedio de los híbridos ( $P < 0.01$ ). Los cuatro grupos, mostraron un crecimiento de tipo alométrico positivo con valores de 3.2 a 3.3 ( $P < 0.05$ ). Los resultados de este estudio son las primeras estimaciones comparativas de las características de crecimiento hasta los 300 días de edad para estas especies y sus híbridos en cautiverio.

**Palabras clave:** COEFICIENTE DE ALOMETRIA, *CHIROSTOMA ESTOR*, *C. PROMELAS*, CURVAS DE CRECIMIENTO.

Recibido el 28 de febrero de 2011 y aceptado el 26 de septiembre de 2011.

\*Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, DF.

\*\*Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. San Juanito Itzicuaró s/n, col. San Juanito Itzicuaró, 58337, Morelia, Michoacán, México.

Nota: Este trabajo es parte de la tesis doctoral del primer autor.

Responsable de correspondencia: Carlos Gustavo Vásquez-Peláez, correo electrónico: carlosgv@servidor.unam.mx

## Introduction

The silverside *Chirostoma estor* and blacknose silverside *Chirostoma promelas* are in the Atherinopsidae family, which is of marine origin.<sup>1,2</sup> Both species are considered natives of Lake Patzcuaro in Michoacan and Lake Chapala in Jalisco, respectively, located in the Central Plain of Mexico.<sup>2</sup>

These silverside species are of great economic and cultural importance to the municipalities of origin,<sup>1</sup> for having great demand in regional markets, but indiscriminate fishery of all fish sizes, including those who reach the reproductive age, has caused a population decrease, which generated the interest for developing cultures with the aim to maintain and study them.<sup>3,4</sup>

In previous studies it is mentioned that the age of sexual maturity in these species is reached at one year old with a length of 12 cm, and the commercial size (20 cm) is reached at 2 years of age,<sup>1,3</sup> reason why they are considered as slow growing; however, growth of these species or their hybrids, during the juvenile stage or up to one year of age, has not been evaluated or compared, despite the importance of understanding the biology and growth traits of these species in culture conditions.

Growth characterization in fishes has been carried out through weight and length measures<sup>5,6</sup> and weight/length relationship by allometric coefficient,<sup>7</sup> for which nonlinear regression models have been used.<sup>6</sup> The allometric coefficient estimation allows evaluating the relationship between length and weight in fishes, determining the type of growth, important fact that can be used as a practice index for evaluating the condition of the fishes, which depends on several factors, such as: feed allowance, health condition, gender, gonad development and spawning period.<sup>8,9</sup> However, this weight/length relationship also allows morphometric comparisons between and within populations, as well as evaluation of population biomass and dynamic used in fisheries.<sup>10</sup>

Considering the aforementioned, the objective of the present study was to estimate growth curve parameters of weight and length in these species and their hybrids, up to 300 days of age in culture conditions, and to establish if growth of these groups is allometric or isometric.

## Material and methods

### Basal population

From the year 1999, a population of *C. estor* and one of *C. promelas* have been kept in culture at the facilities of the Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Fores-

## Introducción

El pez blanco *Chirostoma estor* y el llamado pico negro *Chirostoma promelas*, pertenecen a la familia de Atherinopsidae de origen marino.<sup>1,2</sup> Ambas especies son consideradas nativas de los lagos de Pátzcuaro en Michoacán y Chapala en Jalisco, respectivamente, los cuales se encuentran localizados en la Mesa Central de México.<sup>2</sup>

Estas especies de peces blanco son consideradas de gran importancia económica y cultural para las localidades de origen,<sup>1</sup> por la gran demanda que presentan en los mercados regionales, pero la pesca indiscriminada de peces de todas las tallas, incluyendo aquellas que alcanzan la edad reproductiva, ha provocado una disminución en las poblaciones, lo que generó el interés para desarrollar cultivos con el fin de conservarlas y estudiarlas.<sup>3,4</sup>

En estudios previos se menciona que la edad de madurez sexual en estas especies se tiene al año de edad con una longitud de 12 cm, y que la talla comercial (20 cm) se alcanza a los dos años,<sup>1,3</sup> razón por la cual son consideradas de lento crecimiento; sin embargo, no se ha evaluado, ni comparado, el crecimiento de estas especies, ni de sus híbridos durante la etapa juvenil ni hasta al año de edad, lo que resulta importante para conocer la biología y las características de crecimiento que presentan estas especies en condiciones de cultivo.

La caracterización del crecimiento en los peces se ha realizado a través de medidas de peso y longitud<sup>5,6</sup> y de la relación peso-longitud, mediante el coeficiente de alometría,<sup>7</sup> para lo cual se han utilizado modelos no lineales.<sup>6</sup> La estimación de los coeficientes de alometría permite evaluar la relación entre la evolución de la longitud y el peso en los peces, lo que deja precisar el tipo de crecimiento, factor importante que se puede utilizar como un índice práctico para evaluar la condición de los peces, la cual depende de varios factores tales como la disponibilidad de alimento, estado de salud de los peces, sexo, desarrollo de gónadas y periodo de desoves.<sup>8,9</sup> Sin embargo, esta relación peso-longitud, también permite hacer comparaciones morfométricas entre y dentro de las poblaciones, así como evaluar la biomasa y la dinámica de las poblaciones utilizadas en pesquerías.<sup>10</sup>

Considerando lo anterior, el objetivo del presente estudio fue estimar los parámetros de las curvas de crecimiento del peso y la longitud en estas especies y de sus híbridos, hasta los 300 días de edad en cultivo, así como establecer si el crecimiento de estos grupos es alométrico o isométrico.

tales of the Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo (IIAF-UMSNH) in Morelia, Michoacan, Mexico. Since 1999 to 2001, the populations were established from sampling carried out at Lake Chapala and Lake Patzcuaro. During sampling, fishes with a length of more than 15 cm were captured, which were spawned and fertilized *in situ*; then, the fertilized eggs were incubated under culture conditions. Since 2001, these populations have been kept closed with random mating within species.

### **Mating design**

The experiment was carried out in 2008, using 3 to 4-year old breeding males from both populations aforementioned, in order to perform a complete diallel cross in a 2♂:1♀ relationship using 110 ♂ and 55 ♀ to produce each genetic group: ♂ *C. promelas* x ♀ *C. promelas* (PP), ♂ *C. estor* x ♀ *C. promelas* (EP), ♂ *C. promelas* x ♀ *C. estor* (PE) and ♂ *C. estor* x ♀ *C. estor* (EE). The breeding males were subjected to a photoperiod control program by increasing hours of light from 12/12 of darkness to 16/8 of darkness, with the objective to prolong spawning season.

### **Management and feeding**

Since hatching and up to 30 days of age, larvae were kept in 15 l capacity tubes with salinity of 5 to 10 g/l and at a temperature of 21 to 23°C. From hatching to 5 days of age, larvae were fed neonates from *Brachionus plicatilis* rotifers (70 -100 µ); from 6 to 15 days of age, with adult rotifers (100 - 160µ); and from 16 to 30 days of age with naupili from *Artemia franciscana*. From 30 days to 8 months of age, fishes were fed *ad libitum* four times a day, administering commercial flake fish food (Azoo™\*) for freshwater fishes with 42% protein, and once a day live food (naupili from *Artemia franciscana*); from this age on, they were placed in ponds (3 m length), with a capacity of 180 l of freshwater, in a recycling system. In the final stage, from 8 to 10 months of age, fishes were placed in 1.5 m in diameter by 1 m high ponds, with an average temperature of 25°C and similar feeding to the one described for the latter period.

### **Data**

Larvae were separated in three replicates according to the hatching date (May-June, July-September and October-November). The measurements of each replicate were monthly done in samples randomly obtained; length was measured from hatching to 90 days

## **Material y métodos**

### **Población base**

A partir de 1999, se han mantenido en cultivo una población de *C. estor* y una de *C. promelas*, en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH) en Morelia Michoacán, México. Las poblaciones se establecieron a partir de muestreos realizados en los lagos de Pátzcuaro y Chapala desde 1999 hasta 2001. En los muestreos se capturaron aquellos peces con una longitud superior a los 15 cm, los cuales fueron desovados y fertilizados *in situ*, para posteriormente incubar los huevos fecundados bajo condiciones de cultivo. Estas poblaciones han permanecido cerradas con apareamientos aleatorios dentro de especie desde 2001.

### **Diseño de apareamientos**

El experimento se realizó en el año 2008, utilizando reproductores de 3 a 4 años de edad, de las dos poblaciones ya descritas, para realizar un cruzamiento dialélico completo con una relación 2♂:1♀ utilizando 110 ♂ y 55 ♀, para producir cada grupo genético; ♂ *C. promelas* x ♀ *C. promelas* (PP), ♂ *C. estor* x ♀ *C. promelas* (EP), ♂ *C. promelas* x ♀ *C. estor* (PE) y ♂ *C. estor* x ♀ *C. estor* (EE). Los reproductores fueron sometidos a un programa de control del fotoperiodo (incremento de horas luz desde 12 horas de luz: 12 de obscuridad, hasta alcanzar 16 horas de luz: 8 de obscuridad), con el objeto de prolongar la época de desove.

### **Manejo y alimentación**

Desde la eclosión y hasta los 30 días de edad, las larvas se mantuvieron en tinas de 15 l de capacidad con una salinidad de 5 a 10 g/l y una temperatura de 21 a 23°C. De la eclosión hasta los 5 días de edad, las larvas fueron alimentadas con neonato de rotífero de *Brachionus plicatilis* (70-100 µ); de los 6 a 15 días de edad, con rotífero adulto (100-160 µ) y de los 16 a 30 días de edad con nauplios de *Artemia franciscana*. A partir de los 30 días y hasta los ocho meses de edad, los peces fueron alimentados cuatro veces al día *ad libitum* con una mezcla comercial en hojuela básica para peces de agua dulce de la marca Azoo®\* con 42% de proteína, y una vez al día con alimento vivo (nauplios de *Artemia franciscana*); a partir de esta edad, se alojaron en tanques (3 m de largo), con una capacidad de 180 l de agua dulce, en un sistema de recirculación. En la eta-

\*Azoo™. Azoo México SA de CV. Querétaro, México.

of age taking a photograph of a group of larvae in a Petri dish, with millimetric paper at the bottom; from 120 to 300 days of age, fishes were sedated using benzocaine (50 mg/l) with a dose of 5 ml/l for five minutes; length was individually measured with an ictiometer, while weight (g) was obtained using a grain scale; the total number of each observation (samples) for length was: 1006 (26), 771 (22), 513 (22) and 421 (21); and for weight: 630 (16), 521 (14), 263 (13) and 256 (13), for groups EP, PE, PP and EE, respectively. The gender of the fishes could not be determined because these species do not present sexual dimorphism before maturity, which is reached at 1 year-old.

## Statistical analysis

### Growth curves

The parameters of weight growth curve model defined as:  $W_t = ae^{bt}$ ,<sup>11</sup> where:  $W_t$  is the weight of the fish at the age of  $t$ ;  $a$ , is the origin;  $e$ , is the base of the natural logarithms; and  $b$ , is the slope or change in weight per time unit ( $t$ ). The model used to estimate the parameters for length was:  $L_t = k/(1 + ((k - n_0)/n_0)e^{-rt})$ ,<sup>12</sup> where:  $L_t$  is the total length at the age of ( $t$ );  $n_0$  is the expected value of length at hatching ( $t = 0$ );  $k$ , is the estimated value of length at adult age;  $r$ , is the change in length per time unit ( $t$ ); and  $e$ , is the base of natural logarithms.

The length-weight relationship was estimated by allometric function  $W = aL^b$ ,<sup>6,7,13-15</sup> where:  $W$ , is the weight (g) and  $L$ , is the length in cm of the fish, respectively;  $a$ , is the origin of the function or condition factor; and  $b$ , is the allometric coefficient, which is a growth type indicator exhibited by a species.<sup>7</sup> The number of pairwise observations for length/weight were: 630, 521, 263 and 256 for groups EP, PE, PP and EE, respectively.

An isometric growth can be defined when two traits, as length and weight, grow at the same rate with time. Regarding fishes, it has been found that total volume or mass of the body is directly proportional to length cubed ( $b = 3$ ), which represents an isometric growth; therefore, if  $b > 3$ , growth shows positive allometry, and will show negative allometry if  $b < 3$ .<sup>5,7,13,16</sup> In order to determine the type of growth, a  $t$  test<sup>9,13</sup> ( $H_0: b = 3$ ) with a confidence interval ( $\alpha = 0.05$ ) was used.

To determine if there were differences between groups at 300 days of age, a linear model was used such as the following:  $Y_{ijk} = \mu + R_i + G_j + e_{ijk}$  where:  $Y_{ijk}$  are the observations of response variables (length and weight observed and estimated with the equations, at 300 days of age, as well as the parameter estimates  $b$  and  $r$ );  $\mu$ , is the mean of the population;  $R_i$  is a fixed effect of the  $i$ -th replicate;  $G_j$  is the fixed effect of the  $j$ -th group;

pa final, de los ocho y hasta los 10 meses de edad, los peces se alojaron en estanques de 1.5 m de diámetro por 1 m de altura, con una temperatura promedio de 25°C y una alimentación similar a la descrita para el periodo anterior.

## Datos

Las larvas se separaron en tres réplicas de acuerdo a la fecha de eclosión (mayo-junio, julio-septiembre y octubre-noviembre). Las mediciones de cada réplica se realizaron mensualmente en muestras obtenidas al azar, la longitud se midió desde la eclosión y hasta los 90 días de edad tomando una fotografía de un grupo de larvas en una caja Petri, con papel milimétrico en el fondo; a partir de los 120 y hasta los 300 días de edad, los peces fueron sedados utilizando benzocaína (50 mg/l) con una dosis de 5 ml/l durante cinco minutos, la longitud se midió individualmente con la ayuda de un ictiómetro, mientras que el peso (g) se obtuvo con una balanza granataria, el número total de observaciones (muestras) para longitud fueron 1006 (26), 771 (22), 513 (22) y 421 (21), mientras que para el peso fueron 630 (16), 521 (14), 263 (13) y 256 (13), para los grupos EP, PE, PP y EE, respectivamente. El sexo de los peces no pudo ser determinado, debido a que estas especies no presentan dimorfismo sexual antes de la madurez, la cual se alcanza hasta el año de edad.

## Análisis Estadísticos

### Curvas de crecimiento

Se estimaron los parámetros de un modelo de curva de crecimiento del peso definido como  $P_t = ae^{bt}$ ,<sup>11</sup> donde  $P_t$  es el peso del pez a la edad  $t$ ;  $a$  es el origen;  $e$  es la base de los logaritmos naturales; y,  $b$  es la pendiente o cambio de peso por unidad de tiempo ( $t$ ). El modelo utilizado para estimar los parámetros para la longitud fue:  $L_t = k/(1 + ((k - n_0)/n_0)e^{-rt})$ ,<sup>12</sup> donde  $L_t$  es longitud total a la edad ( $t$ ),  $n_0$  es el valor esperado de longitud a la eclosión ( $t=0$ );  $k$  es el valor estimado de la longitud a la edad adulta;  $r$  es el cambio en longitud por unidad de tiempo ( $t$ ) y  $e$  es la base de los logaritmos naturales.

La relación peso-longitud se estimó mediante la función alométrica  $P = aL^b$ ,<sup>6,7,13-15</sup> donde  $P$  es el peso g y  $L$  la longitud en cm del pez,  $a$  es el origen de la función o factor de condición y  $b$  es el coeficiente de alometría, que es un indicador del tipo de crecimiento que exhibe una especie.<sup>7</sup> El número de pares de observaciones para peso-longitud fueron 630, 521, 263 y 256 para los grupos EP, PE, PP y EE, respectivamente.



and  $e_{ijk}$  is the error. Multiple comparisons of means between groups were made using Tukey's test.<sup>17</sup>

The models were analyzed with NLIN and GLM procedures implemented in SAS statistic program.<sup>18</sup>

## Results

Table 1 shows the parameter estimates  $b$  and  $r$ , weights (g) and lengths (cm) observed and estimated with the models at 300 days of age for *C. estor*, *C. promelas* and their hybrids.

Weight growth function explained a proportion of variance from 0.86 for EP to 0.93 for EE. *C. estor* reached a weight of 7.89 g at 300 days of age, 65% greater ( $P < 0.01$ ) than *C. promelas* (4.78 g) and 57% greater than the average in hybrids. *C. promelas* showed a weight similar to hybrids ( $P > 0.05$ ). Figure 1 depicts the growth curves for *C. estor*, *C. promelas* and their hybrids. EE presents weights greater than the other groups, differences that will increase from 210 days of age.

For length, the evaluated function explained 0.98 of the total variance in all groups. Length of *C. estor* was 9.31 cm at 300 days of age, 14% larger ( $P < 0.01$ ) than *C. promelas* (7.97 cm) and 13% larger than hybrids ( $P < 0.01$ ), being similar in these last three groups ( $P > 0.05$ ). Figure 2 shows length evolution in the four study groups. The difference in size at 210 days of age between group EE and the other groups goes from 0.40 to 0.65 cm and remains constant with time, except for group PP that at 300 days of age reached a value of 1.1 cm. Since 210 days of age, *C. estor* had an average length 8.43% greater than the other groups.

Length-weight relationship equations were:  $W = 0.00413 L^{3.20}$ ,  $W = 0.004 L^{3.25}$ ,  $W = 0.00396 L^{3.25}$  and  $W = 0.00352 L^{3.31}$ , for EP, PE, PP and EE, respectively, with a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.98 for the four groups, showing values for allometric coefficients ( $b$ ) significantly greater to 3 with values of 3.20 ( $t = 10$ ,  $P < 0.05$ ), 3.25 ( $t = 12$ ,  $P < 0.05$ ), 3.25 ( $t = 12.5$ ,  $P < 0.05$ ) and 3.31 ( $t = 10.33$ ,  $P < 0.05$ ), for groups EP, PE, PP and EE, respectively, which indicates a positive allometric growth in the four study groups.

## Discussion

The length of the four groups was similar during the first 90 days of age, resulting similar to what was found by Martinez *et al.*,<sup>3,19</sup> who estimated *C. estor* growth with different salinity levels, finding that the size was 1.7 cm at 30 days of age for concentrations from 0 to 5 g/l; while at salinity from 10 to 15 g/l, length was 2 cm, which could be due to the marine origin of this species.<sup>2</sup>

Un crecimiento de tipo isométrico se puede definir, cuando dos características como peso y longitud, crecen en la misma proporción con el tiempo. En los peces se ha encontrado que el volumen o masa total del cuerpo es directamente proporcional al cubo de su longitud ( $b = 3$ ), el cual representa un crecimiento isométrico, por lo tanto, si  $b > 3$  el crecimiento es alométrico positivo, y será alométrico negativo si  $b < 3$ .<sup>5,7,13,16</sup> Para determinar el tipo de crecimiento, se utilizó una prueba de  $t^{9,13}$  ( $H_0: b = 3$ ) con un nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

Para determinar si existían diferencias entre los grupos a los 300 días de edad, se utilizó un modelo lineal como el siguiente  $Y_{ijk} = \mu + R_i + G_j + e_{ijk}$  donde:  $Y_{ijk}$  son las observaciones de las variables de respuesta (peso y longitud observados y estimados con las ecuaciones a los 300 días de edad, así como los estimados de los parámetros  $b$  y  $r$ ),  $\mu$  es la media de la población,  $R_i$  es el efecto fijo de la  $i$ -ésima réplica,  $G_j$  es el efecto fijo del  $j$ -ésimo grupo y  $e_{ijk}$  es el error. Se realizaron comparaciones múltiples de medias entre grupos con una prueba de Tukey.<sup>17</sup>

Los modelos fueron analizados con los procedimientos NLIN y GLM implementados en el programa estadístico SAS.<sup>18</sup>

## Resultados

En el cuadro 1 se muestran los estimados de los parámetros  $b$  y  $r$ , pesos (g) y longitudes (cm) observadas y estimadas con los modelos a los 300 días de edad para las especies *C. estor*, *C. promelas* y sus híbridos recíprocos.

La función de crecimiento del peso explicó una proporción de varianza desde 0.86 para EP hasta 0.93 para EE. *C. estor* alcanzó un peso de 7.89 g a los 300 días de edad, 65% mayor ( $P < 0.01$ ) que el de *C. promelas* (4.78 g) y 57% mayor que el promedio en híbridos. *C. promelas* presentó un peso semejante al de los híbridos ( $P > 0.05$ ). En la Figura 1 se muestran las curvas de crecimiento para *C. estor*, *C. promelas* y sus híbridos. Se observa que EE tiene pesos superiores a los de los otros grupos, siendo estas diferencias crecientes a partir de los 210 días de edad.

Para la longitud, la función evaluada explicó 0.98 de la variación total en todos los grupos. La longitud de *C. estor* fue 9.31 cm a los 300 días de edad, 14% mayor ( $P < 0.01$ ) que *C. promelas* (7.97 cm) y 13% más largo que el de los híbridos ( $P < 0.01$ ), siendo semejantes estos últimos tres grupos ( $P > 0.05$ ). En la Figura 2, se muestra la evolución de la longitud en los cuatro grupos estudiados. La diferencia de talla a los 210 días de edad, entre el grupo EE y los otros grupos va de 0.40 a 0.65 cm y permanece constante con el tiempo, a excepción de aquella para el grupo PP que a los 300

CUADRO 1

Medias mínimo cuadráticas para peso (g) y longitud (cm) a los 300 días de edad y los parámetros estimados para las funciones de crecimiento de peso y longitud en dos especies de pez blanco y sus híbridos

Least squares means for weight (g) and length (cm) at 300 days of age and parameter estimates for length and growth functions in two species of whitefish and their hybrids

|                |      | Weight = $ae^{bt}$                       |                  |                              |                              |                | Weight at 300 days |          |                            |                             |
|----------------|------|------------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|--------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|
| Genetic groups | n    |                                          | $a \pm SE$       | $b \pm SE$                   | CI 95 % de b                 | R <sup>2</sup> | estimate           | n        | Observed                   |                             |
| EP             | 630  |                                          | 0.1338 ± 0.0137  | 0.0119 ± 0.0003 <sup>a</sup> | 0.011 - 0.013                | 0.86           | 4.75               | 96       | 4.704 ± 0.081 <sup>b</sup> |                             |
| PE             | 521  |                                          | 0.1112 ± 0.0107  | 0.0129 ± 0.0003 <sup>a</sup> | 0.012 - 0.014                | 0.90           | 5.33               | 66       | 5.073 ± 0.098 <sup>b</sup> |                             |
| PP             | 263  |                                          | 0.0636 ± 0.0106  | 0.0144 ± 0.0005 <sup>a</sup> | 0.013 - 0.016                | 0.89           | 4.78               | 38       | 4.989 ± 0.133 <sup>b</sup> |                             |
| EE             | 256  |                                          | 0.1050 ± 0.0112  | 0.0144 ± 0.0004 <sup>a</sup> | 0.014 - 0.015                | 0.93           | 7.89               | 17       | 7.495 ± 0.196 <sup>a</sup> |                             |
|                |      | Length = $k/(1 + ((k - n_0)/n_0)e^{rt})$ |                  |                              |                              |                | Length at 300 days |          |                            |                             |
| Genetic groups | n    |                                          | $k \pm SE$       | $n_0 \pm SE$                 | $r \pm SE$                   | CI 95 % de r   | R <sup>2</sup>     | estimate | n                          | Observed                    |
| EP             | 1006 |                                          | 9.2448 ± 0.1532  | 1.2210 ± 0.0420              | 0.0137 ± 0.0004 <sup>a</sup> | 0.013 - 0.015  | 0.98               | 8.34     | 96                         | 8.861 ± 0.060 <sup>b</sup>  |
| PE             | 771  |                                          | 10.4259 ± 0.2743 | 1.3250 ± 0.0468              | 0.0117 ± 0.0004 <sup>a</sup> | 0.011 - 0.013  | 0.98               | 8.65     | 66                         | 8.954 ± 0.073 <sup>b</sup>  |
| PP             | 513  |                                          | 8.7843 ± 0.2017  | 1.1574 ± 0.0497              | 0.0139 ± 0.0005 <sup>a</sup> | 0.013 - 0.015  | 0.98               | 7.97     | 38                         | 8.862 ± 0.098 <sup>b</sup>  |
| EE             | 421  |                                          | 10.7513 ± 0.3238 | 1.2104 ± 0.0519              | 0.0131 ± 0.0005 <sup>a</sup> | 0.012 - 0.014  | 0.98               | 9.31     | 17                         | 10.067 ± 0.145 <sup>a</sup> |

n = number of observations; SE = standard error; CI = confidence interval; a = function origin; b = weight gain; t = age in days; k = estimated value of length at adult age; n<sub>0</sub> = estimated value of length at hatching; e = base numbers of natural logarithms; r = change estimation per time unit; and R<sup>2</sup> = determination coefficient, <sup>a,b</sup> different letters in the same column show significant differences (P < 0.01).

However, in the present study it was observed that from 210 and up to 300 days of age, group EE showed greater increase in weight and size in respect of group PP and their hybrids. Also, it was observed that groups coming from *C. estor* mothers (PE and EE) showed, in general, greater growth compared to groups EP and PP, for which it is then considered that their is a possible favourable maternal effect of *C. estor* on study traits.

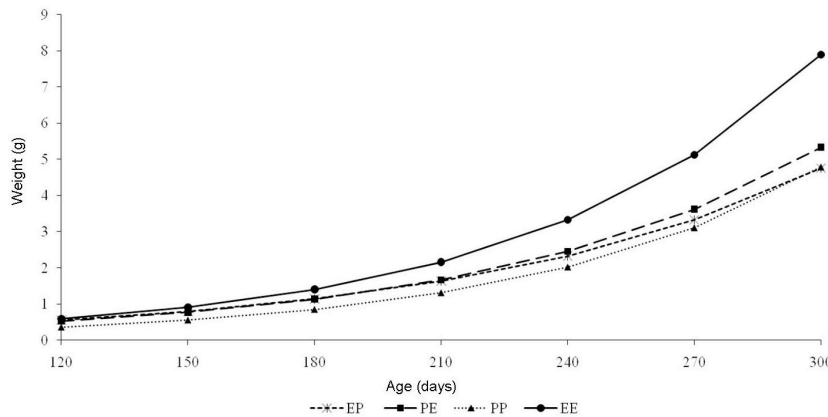
The allometric parameter estimate (*b*) from length-weight relationship had values of 3.20 to 3.31 indicating a positive allometric growth, that is, a disproportionate growth between length and weight; these results were similar to the estimates in other species of the same family Atherinopsidae. Martínez *et al.*<sup>20</sup> estimated an allometric coefficient of 3.32 from dry weight measured in 30 day-old larvae. Similar results of this study have been found in *Chirostoma humboltianum* with a value of 3.12.<sup>21,22</sup> for the Argentine pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) with a value of 3.12.<sup>23</sup> Because these species show a positive allometric growth, it could indicate good health condition of these fishes, determined by culture conditions that resulted favourable.<sup>8,9,16</sup>

días de edad alcanza un valor de 1.1 cm. Desde los 210 días de edad *C. estor*, presentó una longitud promedio 8.43% mayor al resto de los grupos.

Las ecuaciones de la relación peso-longitud fueron  $P = 0.00413 L^{3.20}$ ,  $P = 0.004 L^{3.25}$ ,  $P = 0.00396 L^{3.25}$  y  $P = 0.00352 L^{3.31}$ , para EP, PE, PP y EE, respectivamente, con un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) de 0.98, para los cuatro grupos, mostrando valores para el coeficiente de alometría (*b*) significativamente mayores a 3 con valores de 3.20 ( $t = 10$ ,  $P < 0.05$ ), 3.25 ( $t = 12$ ,  $P < 0.05$ ), 3.25 ( $t = 12.5$ ,  $P < 0.05$ ) y 3.31 ( $t = 10.33$ ,  $P < 0.05$ ), para los grupos EP, PE, PP y EE, respectivamente, lo que indica un tipo de crecimiento alométrico positivo en los cuatro grupos estudiados.

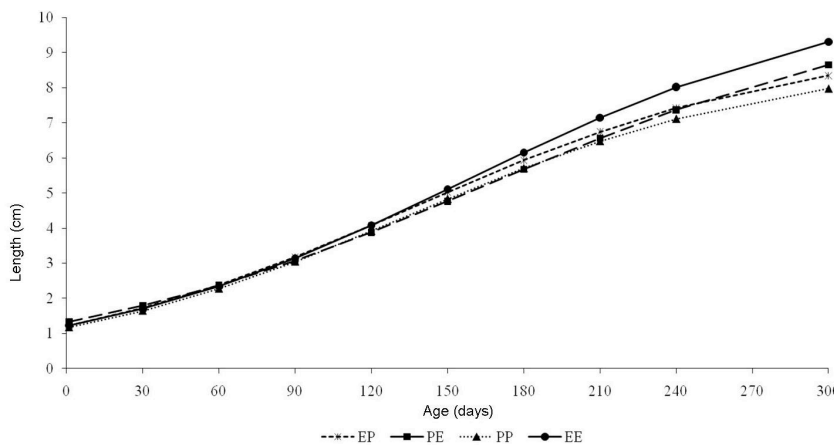
## Discusión

La longitud de los cuatro grupos fue similar durante los primeros 90 días de edad, resultados semejantes a los encontrados por Martínez *et al.*,<sup>3,19</sup> quienes estimaron el crecimiento de *C. estor* en diferentes niveles



**FIGURA 1.** Curvas de crecimiento estimadas con funciones no lineales en *Chirostoma estor* (EE), *Chirostoma promelas* (PP) y sus híbridos recíprocos (EP y PE) desde los 120 a los 300 días de edad.

**FIGURE 1.** Estimated growth curves with nonlinear functions in *Chirostoma promelas* (PP) and their hybrids (EP and PE) from 120 to 300 days of age.



**FIGURA 2.** Curvas de crecimiento estimadas con funciones no lineales en *Chirostoma estor* (EE), *Chirostoma promelas* (PP) y sus híbridos recíprocos (EP y PE) desde la eclosión hasta los 300 días de edad.

**FIGURE 2.** Estimated growth curves with nonlinear functions in *Chirostoma estor* (EE), *Chirostoma promelas* (PP) and their hybrids (EP and PE) from hatching to 300 days of age.

The estimates of growth curves for length and weight in these species and their hybrids in culture to 300 days of age are the first ones for these genetic groups. Determination of length and growth evolution is important so biology and behaviour of these species in culture conditions can be understood; therefore, it makes important contributions for the development of better management and feeding programs and, in general, for culture improvement of these species.

## Acknowledgements

Special thanks to the Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales of the Universidad de Michoacán de San Nicolas de Hidalgo (IIAF-UMSNH) and to the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) for their support to carry out this experiment. This work was partially financed by PAPIIT-IN212508 (UNAM) project and by CONACyT 080 420.

de salinidad, encontrando que la talla fue de 1.7 cm a los 30 días de edad para concentraciones de 0 a 5 g/l, mientras que a salinidades de 10 a 15 g/l la longitud fue de 2 cm, lo cual podría deberse al origen marino de esta especie.<sup>2</sup>

Sin embargo, en el presente estudio se observó que a partir de los 210 y hasta los 300 días de edad, el grupo EE, presentó un mayor incremento en peso y talla con respecto al grupo PP y sus híbridos. Además, se percibió que los grupos que provenían de madres *C. estor* (PE y EE), presentaban, en general, un crecimiento superior en comparación a los grupos EP y PP, por lo que se considera entonces que existe un posible efecto materno favorable de la especie *C. estor* en las características estudiadas.

El parámetro de alometría ( $b$ ) estimado a partir de la relación peso-longitud, tuvo valores de 3.20 a 3.31 indicando un tipo de crecimiento alométrico positivo, es decir, un crecimiento desproporcionado entre peso y longitud, por lo tanto, indican que la tasa de incremento en peso es mayor que el de la longitud, estos resultados fueron similares a los estimados en otras es-

## References

1. ROJAS CPM, SASSO YLF. El pescado blanco. Revista digital universitaria. [Serial online 2005 Aug 10] [Cited 2010 Aug 9]. Available from: URL
2. BARBOUR DC. A biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces:Atherinidae): A species flock from the Mexican plateau. Copeia 1973; 3: 533-566
3. MARTÍNEZ PCA, RÍOS DMG, CAMPOS MA, TOLEDO CM, AGUILAR VMC, ROSS LG. Desarrollo tecnológico alcanzado en el cultivo del pez blanco de Pátzcuaro. En: ROJAS CP, editora. Historia y avances del cultivo de pescado blanco. México DF: Sagarpa, Instituto Nacional de la Pesca. 2003:169-190.
4. MARTÍNEZ PCA, RÍOS DMG, CAMPOS MA, TOLEDO CM, ROSS LG. Avances en el cultivo del pescado blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor estor*. En: CRUZ-SUÁREZ LE, RICQUE-MARIE D, TAPIA-SALAZAR M, GAXIOLA-CORTÉS MG, SIMOES N. editores. Avances en Nutrición Acuicola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola; 2002 septiembre 3-6; Cancún, Quintana Roo, México. Nuevo León (Monterrey) México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2002: 336-351.
5. CSIRKE J. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, Doc Téc Pesca, 1980;192:82.
6. HOPKINS KD. Reporting fish growth: A review of the basics. World Aquaculture Soc 1992; 23: 173-179.
7. RICKER WE. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull Fish Res Bd Can 1975; 191:82.
8. LOPEZ CA, SIDERKEWICJ N. Age and growth of the largemouth perch *Percichthys colhuapiensis* in the Negro river, Argentine Patagonia. Fish Resh 2008; 92: 169-179.
9. SANTOS MN, GASPAR MB, VASCONCELOS P, MONTEIRO CC. Weight-length relationships for 50 selected fish species of the Algarve coast (Southern Portugal). Fish Res 2002; 59: 289-295.
10. RAMOS-CRUZ S. Relación longitud-peso y factor de condición en el barrilete negro *Euthynnus lineatus* (Kishinouye, 1920) (Perciformes: Scombridae), capturado en el litoral de Oaxaca, México. Rev Invest Mar 2009; 30:45-53.
11. ZARZA MEA, BERRUECOS VJM, VÁSQUEZ PCG, ÁLVAREZ TP. Cultivo experimental de Robalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) y chucumite *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) (Perciformes:Centropomidae) en agua dulce en un estanque de concreto en Alvarado, Veracruz, México. Vet Méx 2006; 37: 327-333.
12. ZAMORA BG, VÁSQUEZ PCG, BERRUECOS VJM, SOTO RL. Estimación de algunos efectos genéticos de la trucha Arcoiris a partir de un cruzamiento dialélico completo de dos líneas. II. Crecimiento y producción. Vet Méx 1999; 30: 235-241.
13. INFANTE GS, ZÁRATE GP. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. 2ª ed. México: Trillas, 1990: 643.
14. ANDRADE HA, CAMPOS RO. Allometry coefficient variations of the length-weight relationship of skipjack pecies de la misma familia Atherinopsidae. Martínez et al.<sup>20</sup> estimaron un coeficiente de alometría de 3.32, a través del peso seco medido en larvas de 30 días de edad. Resultados semejantes a los de este estudio han sido encontrados en *Chirostoma humboltianum* con un valor de 3.10<sup>21,22</sup> para el pejerrey argentino (*Odontesthes bonariensis*) con un valor de 3.12.<sup>23</sup> El hecho de que estas especies presenten un crecimiento alométrico positivo, podría indicar una buena condición de estos peces, determinada por las condiciones de cultivo que resultó favorables.<sup>8,9,16</sup>
15. Las estimaciones de curvas de crecimiento para peso y longitud en estas especies y sus híbridos en cultivo hasta los 300 días de edad, son las primeras para estos grupos genéticos. El determinar la evolución de la longitud y el crecimiento en estos peces es importante para conocer la biología y el comportamiento que presentan estas especies en condiciones de cultivo, por lo tanto, aporta elementos para desarrollar mejores programas de manejo y alimentación y, en general, para mejorar el cultivo de estas especies.

## Agradecimientos

Se agradece al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH) y a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por las facilidades prestadas para realizar el experimento. Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto PAPIIT- IN212508 (UNAM) y por CONACyT 080 420.

---

tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught in the southwest South Atlantic. Fish Res 2002; 55: 307-312.

15. SANTOS MN, CANAS A, LINP PG. MONTEIRO CC. Length-girth relationships for 30 marine fish species. Fish Res 2006; 78: 368-373.
16. JONES RE, PRETELL RJ, PAULY D. Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. Aquac Eng 1999; 20:261-276.
17. SAXTON MA. Genetic analysis of complex traits using SAS. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2004: 292.
18. SAS, SAS ISTAT user guide versión 8. SAS Institute cary, N.C. USA. 2001.
19. MARTINEZ PCA, RACOTTA IS, RÍOS-DURAN MG, PALACIOS E, TOLEDO-CUEVAS, ROSS LG. Advances in applied research for the culture of Mexican silversides. Biocell 2006; 30: 137-148.
20. MARTINEZ PCA, BARRIGA TE, TAYLOR JF, RÍOS DG, ROSS LG. Effect of temperature on growth and survival of *Chirostoma estor estor*, Jordan 1879, monitored using a simple video technique for remote measurement of length and mass of larval and juvenile fishes. Aquaculture 2002; 209: 369-377.
21. MERINO SR, DÍAZ ZM, NAVARRETE SNA, GARCÍA MML, AYALA NF, FLORES AMD. Crecimiento, morta-



- lidad y sobrevivencia del charal *Chirostoma humboldtianum* (Atherinopsidae) en el embalse San Miguel Arco, Soyaniquilpan, Estado de México. Revi Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente. 2006; 12: 151-154.
22. FIGUEROA LG, GONZALEZ MO, HERNANDEZ RMC, BARRIGA SIA, RODRÍGUEZ CA, ARREDONDO FJL. Growth, survival and mandible development in the larvae of the shortfin silverside *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) (Atheriniformes: Atherinopsidae) under laboratory conditions. Aquaculture 2004; 242: 689-696.
  23. ESPINACHI RA, DOMANICO A. Growth of argentine silverside (*Odontesthes bonariensis*) stocked low oligohaline shallow lakes (Buenos Aires province, Argentina). Rev Invest Desarr Pesq. 2006; 18:75-80