

## Crecimiento y maduración sexual de *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characidae) en el embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica

Margarita Mora Jamett, Jorge Cabrera Peña y William Alvarado Bogantes.  
Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Apartado Postal 86-3000, Heredia, Costa Rica.

(Recibido 16-VI-1996. Corregido 17-VII-1996. Aceptado 10-IX-1996.)

**Abstract:** Growth and sexual maturation of *Astyanax fasciatus* were studied in shallow areas of the Arenal reservoir in Costa Rica. Von Bertalanffy's equation was  $Tl = 167.3 (1 - e^{(-0.093 t - 0.132)})$ . The mean growth for the first six months was 11.7 mm/month, 6.9 for the six following months, and diminishing to 4.0 mm/month in the following months. The relationship between total length and weight was:  $W = 8.6 \times 10^{-6} Tl^{3.081}$  for males and  $W = 1.8 \times 10^{-6} Tl^{3.434}$  for females. Males and females attain sexual maturity at TL between 70 - 80 mm, approximately when they are six months old. The species reproduces all year with peak activity between July and September.

**Key words:** Characidae, *Astyanax fasciatus*, growth, sexual maturity, Arenal reservoir.

*Astyanax fasciatus* se distribuye en la vertiente Atlántica desde el río Grande de Texas hasta el río La Plata, Argentina y en la vertiente Pacífica, desde el río Armería, México hasta Colombia. Presenta varias razas geográficas en la región Centroamericana (Bussing 1987). Es una especie planctívora (Maia y Matsumura 1984), que ocupa el quinto lugar en abundancia en el embalse Arenal (Ulloa *et al.* 1989) y es importante como componente de la dieta de las especies mayores del embalse.

En esta especie se ha realizado estudios comparativos entre poblaciones cavernícolas ciegas, carentes de pigmentación y poblaciones normales (Romero 1983, Huppopp 1986, Huppopp y Wilkens 1991), de genética y evolución (Langecker 1993), estudios ecológicos (Hoenicke 1983, Arcifa *et al.* 1991), de migraciones (López 1978), de

alimentación (Nomura 1975 a, Gutiérrez 1983, Maia y Matsumura 1984), y de crecimiento, maduración sexual y características merísticas (Nomura 1975 b, c y d, Mejía 1991).

En el presente trabajo se describe el crecimiento y época reproductiva de *Astyanax fasciatus* en el embalse Arenal.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con un total de 256 ejemplares, recolectados mensualmente entre marzo de 1984 y febrero 1985, en la bahía Sangregado del Embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica, (10° 29' N y 84° 46' O). Los peces se capturaron con una red de arrastre de 15 m de largo, 1.5 m de alto, un copo central de 3 m de profundidad y malla 0.5 cm entrecruzados, mediante tres lances consecutivos cada mes,

inmediatamente después se preservaron con formalina al 10 % para su estudio posterior.

A cada ejemplar se le midió longitud total (Lt) y longitud estándar (Ls) con precisión de 1 mm y peso total (P) y peso de las gónadas con precisión de 0.01 g. El sexo y estado de madurez de la gónada se determinó por observación macroscópica (Laevastu 1971). Se determinó la relación Lt-P por análisis de regresión según el modelo de Le Cren (Safran 1992). Los parámetros de crecimiento se calcularon según Pauly (1983), para lo cual se agrupó los ejemplares en intervalos de clases de Lt de 10 mm.

El tamaño de primera maduración se determinó de acuerdo a Trippel y Harvey (1991), considerándose como juveniles los peces que presentaban gónadas inmaduras y como adultos los peces con gónadas en maduración, maduras o desovadas. En las hembras donde el tamaño lo permitió, se calculó el índice gonadosomático (IGS =  $\text{Peso de las gónadas fijadas} \times 100 \times \text{Peso corporal}^{-1}$ ), de acuerdo con West (1990).

## RESULTADOS

La abundancia de *A. fasciatus* varía durante el año en el embalse Arenal, se captura un mayor número de ejemplares durante la época lluviosa, con predominio de hembras, mientras que en la época seca al bajar la abundancia, predominan los machos (Fig. 1); sin embargo, la proporción de sexos para todo el período de estudio fue de 1.02 machos por hembra.

La longitud total de las hembras capturadas varió entre 25 a 139 mm y la de los machos entre 22 a 114 mm, lo que podría indicar que las hembras alcanzan tallas mayores que los machos (Fig. 2).

La relación entre longitud total y peso fue diferente para machos y hembras y se expresa con las ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Machos:} & \quad P = 8.6 \times 10^{-6} \text{ Lt}^{3.081} \\ & \quad (n = 129, r = 0.992, p \leq 0.01) \\ \text{Hembras:} & \quad P = 1.8 \times 10^{-6} \text{ Lt}^{3.434} \\ & \quad (n = 127, r = 0.988, p \leq 0.01) \\ \text{Población} & \quad P = 2.7 \times 10^{-6} \text{ Lt}^{3.310} \\ \text{total:} & \quad (n = 256, r = 0.990, p \leq 0.01) \end{aligned}$$

La ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para *Astyanax fasciatus* en el

embalse Arenal fue:  $LT = 167.3 (1 - e^{(-0.093t - 0.132)})$ . Su proyección indica que para los seis primeros meses se produce un incremento promedio en longitud total de 11.7 mm/mes, 6.9 mm/mes para los seis meses siguientes y 4.0 mm/mes para los meses siguientes. La velocidad de crecimiento relativo promedio total hasta los dos años fue de 6.2 mm/mes.

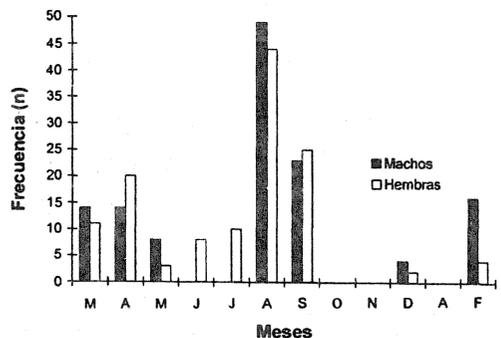


Fig. 1: Frecuencia de captura (n) de machos y hembras de *A. fasciatus* para el período de estudio en el embalse Arenal, Costa Rica.

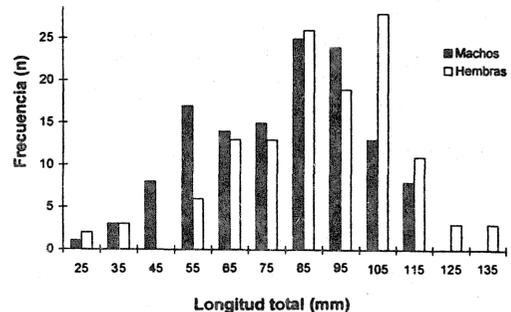


Fig. 2: Distribución de *A. fasciatus* por sexos y grupos de tallas (Lt, en mm), para el período de estudio en el embalse Arenal, Costa Rica.

La primera maduración sexual ocurre en el intervalo de Lt de 70 a 80 mm, dado que allí el 50 % de los ejemplares, de ambos sexos son adultos (Fig. 3). El macho maduro más pequeño midió 79 mm Lt, con un peso de 5.7 g y el macho desovado más pequeño midió 75.1 mm Lt con un peso de 5.7 g. La hembra madura más pequeña midió 61 mm Lt, con un peso de 3.2 g y la hembra desovada más pequeña midió 60 mm Lt con un peso de 2.7 g.

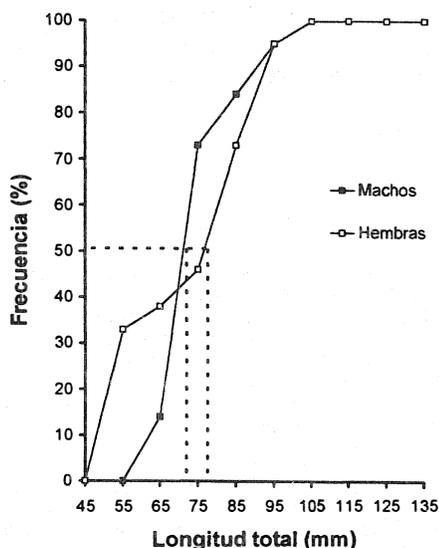


Fig. 3: Distribución de machos y hembras adultos (Individuos maduros y desovados), de *A. fasciatus* por tallas (Lt, en mm), para el período de estudio en el embalse Arenal, Costa Rica. En el eje X se indica el intervalo de tallas de la primera maduración sexual (50 % de individuos adultos)

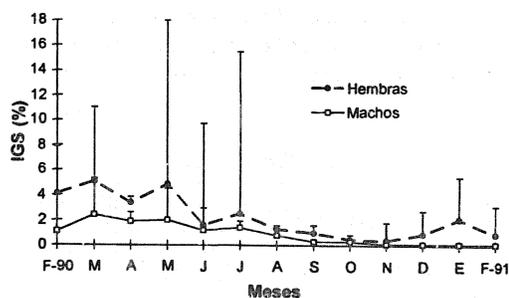


Fig. 4: Variación mensual de los porcentajes de individuos inmaduros, en maduración, maduros y desovados en la población de *A. fasciatus* en el embalse Arenal, Costa Rica

En el embalse Arenal *A. fasciatus* presenta individuos maduros prácticamente durante todo el año (Fig. 4), pero en los meses de mayo a setiembre (época lluviosa), se obtienen los porcentajes más altos de hembras maduras y entre los meses de julio a setiembre de machos. El IGS promedio presenta los valores más altos en los meses de julio, agosto y setiembre, señalando a estos meses como los de mayor actividad reproductiva (Cuadro 1).

## CUADRO 1

Índice gonado-somático de hembras de *A. Fasciatus*  
Valores promedio, máximos y mínimos  
mensuales en el embalse Arenal.

Mes	Prom.	Máx.	Mín.
marzo	2.5	4.7	1.4
abril	3.1	3.7	2.2
mayo	5.3	5.3	5.3
junio	3.7	4.2	3.2
julio	7.3	16.0	3.0
agosto	8.4	17.1	2.3
setiembre	11.9	24.8	1.1
diciembre	1.6	1.6	1.6

## DISCUSIÓN

La población de *A. fasciatus* estudiada en el embalse Arenal presenta variaciones en la abundancia y proporción de sexos durante el año y pueden deberse a un fenómeno migratorio, al igual que lo encontrado por Gutiérrez et al. (1983), quienes observaron la ausencia de *A. eigenmanniorum* desde febrero a setiembre en el lago San Roque, Argentina, por Barlá et al. (1988), quienes además agregan que los tamaños superiores a 69 mm (Ls) no se encuentran en los meses de primavera y verano y lo atribuyen a migraciones debidas a condiciones del hábitat y no a diferencias estacionales en la tasa de mortalidad. Maia y Matsumura (1984) señalaron que *A. fasciatus* está ausente entre los meses de setiembre a noviembre en la represa Do Lobo en Brasil.

En Costa Rica, López (1978) ha descrito la migración masiva de ejemplares de *A. fasciatus* de 50 a 65 mm (Ls) aguas arriba en el río Tempisque, Guanacaste y lo atribuye a competencia por el alimento al reducirse el caudal del río en época seca; este fenómeno se inicia a mediados del mes de noviembre y dura aproximadamente un mes. En el embalse Arenal la migración se inicia en octubre y la ausencia dura aproximadamente cuatro meses. La mayor abundancia de machos en febrero parece sugerir que son éstos los que regresan primero, ya que en el mes siguiente la proporción de sexos se hace cercana a 1:1. La disminución en la abundancia y la ausencia de machos en los meses de junio y julio induce a pensar en otro fenómeno migratorio, a menor escala que el de los meses de época seca y preferentemente de machos. Ambos movimientos migratorios difícilmente pueden

ser atribuidos a causas reproductivas, ya que los valores del índice gonado-somático y distribución mensual de individuos según el estado de madurez indican que la reproducción ocurre durante todo el año; tampoco se puede atribuir a competencia por el alimento, dada la riqueza y abundancia del plancton en el embalse (Umaña y Collado 1980).

La talla máxima encontrada para ambos sexos es superior a lo informado para *A. fasciatus* por Maia y Matsumura (1984) en Brasil (100 mm) y por Hoenicke (1983) en el Parque Nacional Corcovado en Costa Rica (109 mm). La talla máxima estimada de la ecuación de Von Bertalanffy (167.3 mm) es mayor que la estimada para *A. eigenmanniorum* (124.65 mm) por Barlá *et al.* (1988), pero el  $k$  estimado para *A. fasciatus* en el embalse Arenal es inferior.

La relación longitud-peso encontrada para machos y hembras sugiere cierto grado de dimorfismo sexual, dados los valores diferentes para el factor alométrico (3.081 y 3.434 para machos y hembras respectivamente), ya que según Safran (1992) los valores altos para el factor alométrico indican una tendencia a la forma más esférica en el cuerpo, de manera que los machos resultan más delgados y alargados. Además, las hembras alcanzan mayor tamaño que los machos, al igual que *A. fasciatus*, *A. bimaculatus* y *A. schubarti* en Brasil (Nomura 1975 a) y *A. eigenmanniorum* en Argentina (Barlá *et al.* 1988).

En el embalse Arenal, los machos de *A. fasciatus* alcanzan la madurez sexual aproximadamente a los 71 mm Lt y las hembras aproximadamente a los 76 mm Lt, ambos valores son inferiores a lo informado por Nomura (1975 c) para la especie en Brasil (80 mm). La proyección de la curva de crecimiento permite inferir que la madurez sexual se alcanza aproximadamente a los seis meses y coincide con una disminución en el crecimiento (de 11.7 mm/mes a 8.5 mm/mes a los seis meses de edad).

La existencia de ejemplares con gónadas maduras durante todo el período de estudio y los valores del IGS sugieren que *A. fasciatus* en el embalse Arenal, se reproduce todo el año, con un pico de mayor actividad reproductiva entre junio a setiembre, a diferencia de lo que ocurre en México, donde se reproduce desde noviembre a julio (Mejía 1994), o lo señalado

por Barlá *et al.* (1988), quienes infieren que la reproducción de *A. eigenmanniorum* puede ocurrir en primavera o verano y otoño, según el método aplicado para determinar la época de reproducción.

## RESUMEN

Se estudió el crecimiento y madurez sexual de *Astyanax fasciatus* en áreas someras del embalse Arenal, Costa Rica. La ecuación de Von Bertalanffy fue:  $L_t = 167.3(1 - e^{-(0.093t - 0.131)})$ . El crecimiento promedio para los seis primeros meses fue de 11.7 mm/mes, 6.9 mm/mes para los seis meses siguientes, disminuyendo a 4 mm/mes después de los doce meses de vida. La relación entre longitud total y peso se rige por la ecuación:  $P = 8.6 \times 10^{-6} L_t^{3.081}$  para machos y  $P = 1.8 \times 10^{-6} L_t^{3.434}$  para hembras. Tanto machos como hembras, alcanzan la madurez sexual a una Lt entre 70 a 80 mm, aproximadamente a los seis meses de edad. La especie se reproduce todo el año, con un pico de actividad entre los meses de julio a setiembre.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional y al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) por el apoyo brindado al Proyecto 831045 del cual forma parte el presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Arcifa, M. S., T. M. Northcote & O. Froehlich. 1991. Interactive ecology of two cohabiting characin fishes (*Astyanax fasciatus* and *Astyanax bimaculatus*) in an eutrophic Brazilian reservoir. *J. Trop. Ecol.* 7: 257-268.
- Barlá, M. J., L. R. Freyre, L. M. Giraudo, M. Gutiérrez & E. D. Sendra. 1988. Age and growth of *Astyanax eigenmanniorum* (Cope) (Pisces, Characiformes) from San Roque lake, Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 23: 177-188.
- Bussing, W. A. 1987. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 271 p.
- Gutiérrez, M., M. J. Barlá & L. M. Giraudo. 1983. Alimentación de la población de *Astyanax eigenmanniorum* (Cope) (Pisces, Characiformes) del lago San Roque. *Rev. Universidad Nacional de Río Cuarto* 3: 131-141.
- Hoenicke, R. 1983. The effects of leaf-cutter ants on populations of *Astyanax fasciatus* (Characidae) in three tropical lowland wet forest streams. *Biotropica* 15: 237-239.
- Huppopp, K. 1986. Oxygen consumption of *Astyanax fasciatus* (Characidae, Pisces): a comparison of

- epigean and hypogean populations. *Environ. Biol. of Fishes* 17: 299-308.
- Huppopp, K. & H. Wilkens. 1991. Bigger eggs in subterranean *Astyanax fasciatus* (Characidae, Pisces) their significance and genetics. *Z. zool. Syst. Evolut.-forsch.* 29: 280-288.
- Laevastu, T. 1971. *Manual de métodos de Biología Pesquera*. Acribia, Barcelona, España. 230 p.
- Langecker, T. G. 1993. Genetic analysis of the dorsal light reaction in epigean and cave-dwelling *Astyanax fasciatus* (Teleostei: Characidae). *Ethol. Ecol. Evol.* 5: 357-364.
- López, M. I. 1978. Migración de la sardina *Astyanax fasciatus* (Characidae) en el río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 26: 261-275.
- Maia, B. P. M. & T. Matsumura. 1984. Consumption of zooplanktonic organisms by *Astyanax fasciatus* Cuvier, 1819 (Osteichthyes, Characidae) in Lobo (Broa) Reservoir, Sao Carlos, Sao Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 113: 171-181.
- Mejía, M. H. 1991. *Biología reproductiva de Astyanax fasciatus* (Pisces: Characidae) del Río Amacuzac, Morelos, México. *Univ.Cienc.* 1: 45-51.
- Nomura, H. 1975a. Feeding of 3 species of fishes of the genus *Astyanax* Baird and Girard, 1854 (Osteichthyes, Characidae) of the Mogi Guacu river, Sao Paulo (state). *Rev. Bras. Biol.* 35: 595-614.
- Nomura, H. 1975b. Comparison of the age and growth of 3 species of fishes of the genus *Astyanax* Baird and Girard, 1854 (Osteichthyes, Characidae) of the river Mogi Guacu, SP. *Rev. Bras. Biol.* 35: 531-547.
- Nomura, H. 1975c. Fecundity, sexual maturation and gonadosomatic index of minnows of the species *Astyanax* Baird and Girard, 1854 (Osteichthyes, Characidae) in relation to environmental factors. *Rev. Bras. Biol.* 35: 775-798.
- Nomura, H. 1975d. Comparison of the meristic characteristics of 3 species of fishes of the genus *Astyanax* Baird and Girard, 1854 (Osteichthyes, Characidae) of the Rio Mogi Guacu, Sao Paulo. *Rev. Bras. Biol.* 35: 805-836.
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.* 234: 52 p.
- Romero, A. 1985. Ontogenetic change in phototactic response of surface and cave populations of *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characidae). *Copeia* : 1004-1011.
- Safran, P. 1992. Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Mar. Biol.* 112: 545-551.
- Trippel, E. A. & H. H. Harvey. 1991. Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 1446-1459.
- Ulloa, J. B, J. Cabrera & M. Mora. 1989. Composición, diversidad y abundancia de peces en el embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 37: 127-131.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 41: 199-222.