

# Efecto de la temperatura sobre la proporción sexual de *Poecilia reticulata* Peters, 1859 (Pisces: Poeciliidae)

Eduardo Maya Peña y Samuel Marañón Herrera

Laboratorio de Sistemas Acuícolas, Depto. El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco. Calz. del Hueso 1100, 04960. México. emaya@cueyatli.uam.mx

Maya Peña, E. y S. Marañón Herrera, 2001. Efecto de la temperatura sobre la proporción sexual de *Poecilia reticulata* Peters, 1859 (Pisces: Poeciliidae). Hidrobiológica 11 (2): 157-162.

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la temperatura del agua sobre la proporción de sexos en dos poblaciones de *Poecilia reticulata*, una donde es común la endogamia (nativa) y otra resultado del cruzamiento entre una variedad importada y una local (Mestiza). El diseño experimental fue factorial ( $2 \times 3$ ), se consideraron las poblaciones y la temperatura ( $21, 25$  y  $31 \pm 1^\circ\text{C}$ ). Los juveniles de cada población de una edad de  $2 \pm 1$  días fueron asignados aleatoriamente a una densidad de 15 peces por acuario y se realizó por triplicado, es decir 45 peces por tratamiento ( $N = 270$  casos). Durante el periodo experimental la sobrevivencia fluctuó entre el 91 y 100%. Los resultados indicaron que la temperatura y el tipo de población influyeron en la masculinización; en la población nativa los machos alcanzan el 34.9% a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  y 63.6% a  $31 \pm 1^\circ\text{C}$ , mientras que en la población mestiza los machos son el 3.5 y 2.3% a  $25$  y  $31 \pm 1^\circ\text{C}$ , respectivamente. En la temperatura más baja, de  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ , no se observó variación en la proporción sexual en esta última población y en la primera sólo el 4.8% fueron machos. Se concluye que las temperaturas altas influyen en la proporción sexual, siendo la de  $31 \pm 1^\circ\text{C}$  la que induce la mayor proporción de machos en la población nativa de *P. reticulata*.

**Palabras clave:** *Poecilia reticulata*, proporción de sexos, efecto de la temperatura en la determinación del sexo.

## ABSTRACT

Was evaluated the effect of the water temperature on the sex ratio in two populations of *Poecilia reticulata*, a where it is common practice the inbreeding (native) and another result of a crosses of a imported variety mattered with a local (mestizo). The factorial experiment design ( $2 \times 3$ ) considered both, the populations and the water temperature ( $21, 25$  and  $31 \pm 1^\circ\text{C}$ ). Fifteen juveniles of  $2 \pm 1$  days of age were randomly assigned to each trial with three repetitions, each treatment had 45 fishes ( $N = 270$  cases). During the experimental period survival fluctuated between 91 and 100%. The results indicated that both, temperature and variety of fish species influenced masculinization. The fish male of mestizo population reaches 34.9% at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  and 63.6% at  $31 \pm 1^\circ\text{C}$ , while in the native population males were only 3.5 and 2.3% at  $25$  and  $31 \pm 1^\circ\text{C}$ , respectively. At the lower temperature of  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  no variation in the sex ratio was observed in the later population and only 4.8% in the former. It was concluded that the highest temperature alters the proportion of sexes, being  $31 \pm 1^\circ\text{C}$  the one that induced the highest proportion of males in the mestizo population of *P. reticulata*.

**Key words:** *Poecilia reticulata*, sex ratio, effect of the temperature on sex ratio.

## INTRODUCCIÓN

La comercialización del guppy, *Poecilia reticulata*, en México coincide con una tendencia a nivel internacional, ya que se considera a Singapur el mayor exportador de peces de ornato en el mundo (Bassler, 1994) y éste tiene como sustento la producción de los poecílidos (Lim *et al.*, 1992). Fernando y Phang (1985) señalaron la importancia que tenían para la economía del citado país; a principios de la década de los ochenta se comercializaron al menos 200 especies ornamentales, siendo el guppy la especie más importante por su volumen de producción y la cantidad de divisas que generaba.

En *P. reticulata* las características morfológicas se encuentran ligadas al sexo y estas son las que determinan el valor del pez en el mercado, de tal manera que una estrategia de manejo sería la de inducir el sexo con mayores ventajas de comercialización, en esta especie, los machos desarrollan caracteres sexuales secundarios más llamativos y por lo tanto son mejor cotizados (Fernando y Phang, 1985).

En el Estado de Morelos se encuentran los principales productores de peces de ornato del País, la mayoría de las granjas comerciales tienen como base de producción los poecílidos. Sin embargo, Velazco (1997) al analizar la composición de la producción comercial de *P. reticulata* en una granja de Atlacomulco, durante un ciclo anual, observó que por cada macho existe la probabilidad de encontrar al menos dos hembras; la máxima proporción de hembras por macho fue de 7:1 en el otoño, es decir, el 88% de la producción; en invierno se registró la mayor proporción de machos con sólo 43.3%. De lo anterior se puede deducir que la producción está compuesta en su mayoría por hembras.

La predominancia de uno de los sexos es una respuesta adaptativa de la población y puede ser debido a regulación genética (Spotila *et al.*, 1994). Al respecto Farr (1981) señala que la proporción de sexos de *P. reticulata* puede ser modificada debida a la acumulación de alelos deletéreos en el cromosoma Y, frecuente en poblaciones donde no existe aporte de información genética nueva y predomina la endogamia.

No obstante que el sexo en los peces está determinado genéticamente (Price, 1984; Fitzpatrick *et al.*, 1993) la estimulación del sistema endocrino del organismo permite influir en el proceso de diferenciación sexual (Bardach, 1997); dicho proceso puede ser modificado por los factores ambientales, como la temperatura (Conover y Kynard, 1981; Francis, 1992; Schultz, 1993).

Aún cuando no se conoce el mecanismo de la acción fisiológica de la temperatura sobre la determinación del sexo de los peces se puede inferir que es un factor determinante en el proceso adaptativo de las especies y actuando en un in-

tervalo térmico apropiado puede inducir el sexo que se requiera. Al respecto, en el pez de flancos plateados, *Menidia menidia*, se obtuvo una mayor proporción de machos manteniendo alevines a una temperatura que fluctuó entre 17 y 25 °C (Conover y Kynard, 1981). Sullivan y Schultz (1986) citan para la molly, *P. sphenops*, un comportamiento similar en donde la proporción de machos aumento del 36.7% hasta el 90.3% al elevarse la temperatura desde 24 hasta 30°C.

En la presente investigación se evaluó el efecto de la temperatura sobre la proporción de sexos en dos poblaciones de *Poecilia reticulata*, una donde es común la endogamia (Mestiza) y otra, resultado del cruzamiento de una variedad importada con una local (Criolla).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en dos fases, en la primera el objetivo fue sincronizar la reproducción para la obtención de juveniles y en la segunda, evaluar el efecto de la temperatura sobre el sexo de las dos poblaciones mencionadas, Mestiza y Criolla.

**Material biológico.** Se obtuvieron tres grupos (100 peces) de reproductores seleccionados de *P. reticulata*, variedad king cobra, una de hembras y otro de machos jóvenes, de 3 meses de edad, provenientes de una granja de Atlacomulco, Morelos y un tercer grupo de hembras importadas de Alemania. Los parentales se mantuvieron en cuarentena por un lapso de 60 días en acuarios de 100 L, a la temperatura de  $25 \pm 1$  °C, concentración de oxígeno de 6.86 mg/L y pH de  $8.5 \pm 0.5$ . Diariamente se les suministró a los peces alimento comercial en hojuelas a saciedad (Wardley®, 40% de proteína cruda). La dieta se complementó con alimento vivo, *Daphnia* sp y *Artemia* sp, que se proporcionaron cada tercer día en estado adulto.

**Reproducción.** Una vez concluida la cuarentena, se conformaron las poblaciones experimentales; en la primera se reforzó la endogamia al reproducir hembras con machos procedentes de la granja local (Mestiza); la segunda se obtuvo de la cruce entre hembras importadas con machos de la granja (Criolla). La reproducción se realizó en acuarios de 40 L donde se colocaron los reproductores en una proporción de 3 hembras: 1 macho.

**Obtención de juveniles por tratamiento.** Con el propósito de obtener organismos de la misma edad se seleccionaron hembras con un estado grávido similar (evaluado por reconocimiento visual), éstas se trasladaron a acuarios de 80 L en grupos de 20 y para evitar el canibalismo se colocaron en el interior de una "maternidad" o caja de malla, hasta la obtención de los juveniles.

**Tratamientos.** El experimento consistió en un diseño factorial completamente aleatorizado con dos factores: población (Mestiza y Criolla) y temperatura del agua (21, 25 y 31 ± 1°C), durante 60 días. Se colocaron 45 juveniles de 2 ± 1 días de edad por tratamiento, a una densidad de 15 peces por acuario de 40 L, es decir, en cada tratamiento se efectuaron tres repeticiones (N = 270). En los tratamientos térmicos los peces se aclimataron en forma gradual, 1°C por día, hasta alcanzar la temperatura experimental.

**Condiciones experimentales.** La temperatura se mantuvo por medio de calentadores, el oxígeno disuelto y el pH fue similar a los de la etapa de mantenimiento de los parentales. Los peces se alimentaron como anteriormente se mencionó, pero sin proporcionarles alimento vivo. El volumen de agua perdido por evaporación se repuso con agua previamente reposada y mantenida a la temperatura experimental. El alimento remanente y las heces se retiraron del fondo de los acuarios utilizando redes (luz de malla de 0.3 mm) y mediante un sifón, cada tercer día. Mensualmente se aplicaron tratamientos profilácticos con el producto comercial Cyprix® (etanol anhidro, ácido fénico y 1,3 dihidroxibenzol), en dosis de 0.05 ml por cada 4 L de agua.

**Evaluación de la proporción sexual.** Se determinó el sexo de los peces al finalizar el experimento por el reconocimiento de la aleta anal modificada como gonopodio en los machos (Constantz, 1989). La proporción de sexos se estimó de acuerdo a la relación propuesta por Strüssmann y Patiño (1995):

$$\text{Proporción de sexos} = \frac{\text{no. de machos}}{(\text{no. de machos} + \text{no. de hembras})}$$

**Análisis estadístico.** Se realizó una transformación arcoseno para datos binomiales expresados como fracciones para estimar la diferencia entre la sobrevivencia. Posteriormente, se aplicó el análisis de varianza con dos factores (población y temperatura), según Montgomery (1984). Para estimar el efecto de la temperatura sobre la proporción de sexos, se utilizó el análisis de regresión logística (Hosmer y Lemeshow, 1989) con ajuste de probabilidad de Bonferroni (Carmer y Swanson, 1973), utilizando como variable de respuesta el sexo masculino.

## RESULTADOS

Durante el transcurso de la fase experimental, la temperatura del agua se mantuvo en el intervalo seleccionado; el oxígeno entre 6.86 ± 0.14 mg/L y el pH en 8.5 ± 0.5.

### Sobrevivencia

La temperatura del agua no afectó la sobrevivencia de los peces, sin importar el tratamiento, los porcentajes oscila-

Tabla 1. Efecto de la temperatura en la sobrevivencia de *Poecilia reticulata*.

Temperatura (°C)	Población	
	Mestiza (%)	Criolla (%)
20 - 22	100	91.0
24 - 26	96.0	95.5
30 - 32	97.7	97.7

Número de casos por tratamiento: n = 45; total de casos: N = 270

ron entre el 91.0 y 100%, como se muestra en la Tabla 1. La sobrevivencia promedio para la población Mestiza fue de 97.3, mientras que para la Criolla fue de 94.7%. El análisis de varianza indicó que no existían diferencias significativas (P > 0.05) debido al origen de la población, al intervalo térmico ni a la interacción población - temperatura.

### Masculinización

El único tratamiento en el cual la temperatura indujo la masculinización fue en la población mestizo, ya que en la población nativa el porcentaje de machos no superó el 4%, en cambio, el porcentaje de masculinización en el tratamiento de los peces mestizos, fluctuó entre 4.8 y 63.9%, dependiendo de la temperatura (Tabla 2).

En la Figura 1 se observa que las hembras predominaron en la población nativa, independientemente de la temperatura del agua. En contraste, en la población de los peces mestizos se observó que a mayor temperatura mayor proporción de machos. En el intervalo térmico entre 24 y 26°C se incrementó el porcentaje de machos, pero fue mayor la probabilidad de encontrar una hembra (1♂: 1.87♀); en tanto que en las temperaturas de 30 y 32°C por cada hembra hubo una probabilidad de encontrar 1.75 machos, como se destaca en la Figura 2.

Tabla 2. Masculinización de *Poecilia reticulata* inducida por la temperatura.

Temperatura (°C)	Población	
	Nativa (%)	Mestiza (%)
20 - 22	0	4.8
24 - 26	3.5	34.9
30 - 32	2.3	63.6

Número de casos por tratamiento: n = 45; total de casos: N = 270

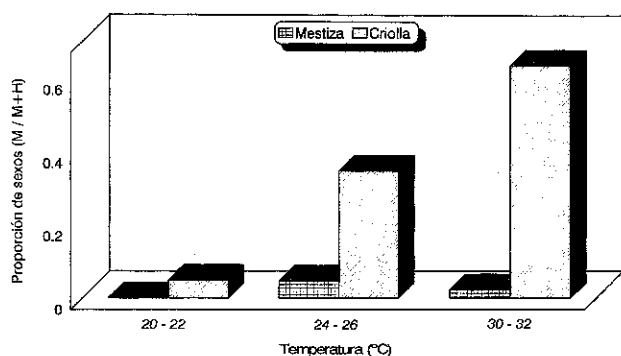


Figura 1. Relación entre la proporción de machos del total de peces y la temperatura en dos poblaciones de *Poecilia reticulata*.

Mediante el análisis de regresión logística se estimó que no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos de la población nativa, por lo que fueron agrupadas en un bloque. Posteriormente, el análisis permitió reconocer diferencias significativas entre el citado bloque y los tratamientos de la población mestiza, cuyos peces se encontraban sometidos a temperaturas entre 24 y 26°C y 30 y 32°C ( $P < 0.001$ ) y entre estos dos últimos tratamientos también se obtuvieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Los resultados obtenidos en condiciones de laboratorio demostraron que el desarrollo del gonopodio, como indicador de la diferenciación sexual, en la población mestiza se inició en la 3ª semana de edad en los juveniles mantenidos en el intervalo térmico de 30 a 32°C, en tanto que los mantenidos a temperaturas entre 24 y 26°C se inició el desarrollo entre la 4ª y 5ª semana de edad. Con respecto a la población nativa no es posible inferir el desarrollo del gonopodio debido a la temperatura, considerando el escaso número de machos.

Al margen de los resultados presentados y finalizado el experimento, los peces se conservaron en sus respectivos

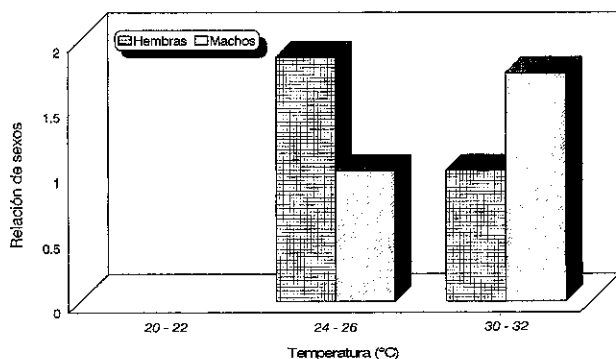


Figura 2. Relación entre la proporción de sexual y la temperatura en la población mestiza de *Poecilia reticulata*.

acuarios, observándose que la totalidad de las hembras sobrevivientes fueron capaces de reproducirse.

## DISCUSIÓN

El origen de los juveniles y la temperatura de agua no afectó de manera significativa la sobrevivencia de los peces, sin embargo, la proporción de sexos fue influida por la temperatura una vez que se disminuyó la probabilidad de inducir la endogamia en la población mestiza.

Las proporciones sexuales obtenidas en la población nativa coinciden con lo mencionado por Velazco (1997), quien obtuvo proporciones de hembras hasta del 88% en *P. reticulata*, en estanques comerciales. Por el contrario, al disminuir la probabilidad de aparición de la endogamia en la población mestiza y al incrementarse la temperatura se registró una mayor proporción de machos; lo cual coincide con el planteamiento de Farr (1981), quien obtuvo un cambio en la proporción de sexos 1:1 en distintas razas de *Poecilia reticulata*. El autor supone que al no existir aporte de información genética nueva debido a las frecuentes retrocruzas se restaría capacidad competitiva al factor "M" (macho), caracterizado por las bajas proporciones de machos en cada cohorte.

La situación anterior es común en las granjas de producción de peces de ornato en el estado de Morelos, en donde los piscicultores no renuevan sus lotes de reproductores con el cuidado o la celeridad que se requiere, por lo que utilizan organismos de la misma cohorte como parentales o bien emplean machos jóvenes, con características morfológicas vistosas, para aparearlos con sus progenitoras; estas circunstancias se presentan en la granja que analizó Velazco (1977).

La determinación del sexo en los peces no sólo implica aspectos genéticos sino además puede ser inducida por estímulos ambientales, que pueden determinar temporal o permanentemente la proporción del sexo en los peces, induciendo cambios en el sistema endocrino del organismo; este proceso se le denomina "determinación ambiental del sexo" (DAS). La ocurrencia de varias formas de DAS en los peces inducidas por temperatura, salinidad, pH, fotoperíodo y nutrición han sido referido por varios autores (Chan y Yeung, 1983; Adkins-Reagan, 1987; Korpelainen, 1990; Shapiro, 1990; Francis, 1992; Maya y Marañón, 1998).

Uno de los factores más importantes del DAS es la "determinación termolábil del sexo" (DTS), que parece ser la forma más frecuente de regular el sexo en los peces (Conover, 1984; Adkins-Reagan, 1987; Korpelainen, 1990; Conover, 1992; Francis, 1992; Schultz, 1993). El DTS ha sido principalmente estudiado en los aterínidos (Conover y Fleisher, 1986; Strüss-

mann y Patiño, 1995), como en *Menidia menidia* (Conover y Kynard, 1981; Conover y Fleisher, 1986); en otros aterínidos como *Patagonina hatcheri*, *M. peninsulae*, *Odontesthes bonaerensis* y *Odontesthes argentinensis*, también se ha demostrado que la DTS se lleva a cabo (Strüssmann y Patiño, 1995; Middaugh y Hemmer, 1987).

En los peces el efecto de la temperatura no siempre produce poblaciones unisexuales, sino que de acuerdo al gradiente térmico de incubación la proporción de sexos varía y en algunos casos los porcentajes de hembras y machos pueden ser similares, como es el caso de *Apistogramma* sp. y en *P. melanogaster* (Römer y Beisenherz, 1996), así como en *M. menidia* (Conover y Heins, 1987 a y b).

Generalmente, en los peces, las bajas temperaturas favorecen la producción de hembras incluyendo a los aterínidos ya mencionados, pero existen casos en que ocurre lo opuesto como se ha observado en *Oreochromis mossambicus* y *O. aureus* (Mair et al., 1990) y *Gasterosteus aculeatus* (Lindsey, 1962), en los cuales las temperaturas cercanas a los 30 °C favorecieron la proporción de hembras. En contraste, en el presente trabajo se obtuvo una mayor proporción de machos al incrementarse la temperatura ( $31 \pm 1^\circ\text{C}$ ) en la población Criolla.

En la granja citada por Velazco (*op cit.*), se observó para el ciclo anual una temperatura promedio de 21.3°C, con una mínima en invierno de 17.1°C y una máxima en el otoño de 26.6°C. Andrews y Carrington (1988) mencionan que los requerimientos óptimos de temperatura en condiciones controladas para *P. reticulata* fluctúan entre 24 y 28°C. De lo anterior se deduce que la temperatura del agua en la granja comercial no es la adecuada, por lo que se plantea si las bajas temperaturas repercuten en la proporción del sexo.

Römer y Beisenherz (1996) suponen que en las poblaciones de peces que se encuentran localizadas en latitudes donde las estaciones están bien diferenciadas, el DTS actúa como un mecanismo regulador que puede influir la proporción de sexual acorde al gradiente de temperatura, regulando los niveles de control ambiental sobre los genéticos.

La hipótesis de la determinación ambiental del sexo ocurre cuando la vitalidad de hembras y machos es diferencialmente afectada (Römer y Beisenherz, 1996) o bien cuando la cohorte no es capaz de seleccionar las condiciones ambientales favorables (Charnov y Bull, 1977). Además, el ajuste en la proporción de sexos de los parentales durante el periodo de cuidado de los juveniles, puede afectar el proceso reproductivo de los nuevos descendientes (Trivers y Willard, 1973). De acuerdo con esta hipótesis Conover y Heins (1987a y b) demostraron en *Menidia menidia* que la determinación genética del sexo es un proceso adaptativo y se manifiesta

como una respuesta a las variaciones del ambiente. El presente trabajo coincide con el planteamiento anterior, ya que los resultados indicaron que la consanguinidad de generaciones entre individuos emparentados de la población nativa determinó su capacidad adaptativa, siendo irrelevante el estímulo de la temperatura para inducir la masculinización. Por el contrario, al disminuirse la consanguinidad en la población mestiza el estímulo de la temperatura fue determinante para incrementar el número de machos en *P. reticulata*.

Se sugiere que la estrategia de producción de *P. reticulata*, en sistemas de cultivo comercial es disminuir la endogamia y mantener la temperatura del agua al menos a 27 °C con el fin de aumentar la proporción de machos con la máxima sobrevivencia.

Se concluye que la temperatura del agua altera la proporción de sexos, siendo  $31 \pm 1^\circ\text{C}$  la que induce una mayor proporción de machos en la población Criolla de *Poecilia reticulata*.

## LITERATURA CITADA

- ADKINS-REGAN, E., 1987. Hormones and sexual differentiation. pp. 1-29. En: NORRIS, D. O. y R. E. JONES (Eds.). *Hormones and Reproduction in Fishes, Amphibians and Reptiles*. Plennuem Press, New York.
- ANDREWS, C. y N. CARRINGTON, 1988. *The interpret manual of fish health*. Salamander books. 208 p.
- BARDACH, E., 1997. The role of biotechnology in sustainable aquaculture. pp. 101-126. En: BARDACH, E. (Ed). *Sustainable aquaculture*. John Wiley and Sons. E.U.
- BASSLEER, G. 1994. The international trade in aquarium/ornamental fish. *Infofish International* 5:15-17.
- CARMER G. y R. SWANSON, 1973. An evaluation of their pairwise multiple comparison procedures by montecarlo methods. *Journal of American Statistical Association* 68: 66-74.
- CHAN H. y B. YEUNG, 1983. Sex control and sex reversal in fish under natural conditions. pp. 171-222. En: HOAR, W. S., RANDALL, D. J. y E. M. DONALDSON (Eds). Vol. 9b. *Fish Physiology, Reproduction: behavior and fertility control*. Academic Press. New York.
- CHARNOV, L. y J. BULL, 1977. When is the sex environmentally determined? *Nature* 266: 828-830.
- CONOVER, O., 1984. Adaptive significance of temperature-dependent sex determination in a fish. *American Naturalist* 123: 297-313.
- CONOVER, O., 1992. Seasonality and the scheduling of life history at different latitudes. *Journal of Fish Biology* 41 (suplemento B): 161-178.
- CONOVER, O. y W. HEINS, 1987a. Adaptive variation in environmental and genetic components of sex determination in a fish. *Nature* 326: 496-498.

- CONOVER, O. y W. HEINS, 1987b. The environmental and genetic components of sex ratio in *Menidia menidia* (Pisces: Aterinidae). *Copeia* 1987: 732-743.
- CONOVER, O. y H. FLEISHER, 1986. Temperature-sensitive period of sex determination in the atlantic silverside, *Menidia menidia*. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences* 43: 514-520.
- CONOVER, O. y E. KYNARD, 1981. Environmental sex determination: interaction between temperature and genotype in a fish. *Science* 213: 577-579.
- CONSTANZ, G., 1989. Reproductive biology of poeciliid fishes. pp. 33-50. En: MEFFE, G.; SNELSON F. JR.; PARENTI, L; RAUCHENBERGER, M; CONSTANTZ, D.; ANGUS, R.; SCHULTZ, J.; FARR, J.; REZNICK, D.; MILES D.; KALLMAN, K.; TRAVIS, J.; TREXLER, J.; ECHELL A.; WILDRICK D.; ECHELLE F.; SMITH, M.; SCRIBER K.; HERNÁNDEZ, D.; WOOTEN, M.; WETHERINGTON, J.; SCHENCK, R.; VRIJENHOEK, R.; BALSANO, J.; RASCH, E.; MONACO, P.; JOHNSON, J.; HUBBS, C.; COURTNEY, W. JR.; ARTHINGTON, A. and L. LLOYD (Comps). *Ecology and evolution of livebearing fishes*. Simon and Schuster (Eds.) E.U.
- FARR, J., 1981. Biased sex ratios in laboratory strains of guppies, *Poecilia reticulata*. *Heredity* 47: 237-248.
- FERNANDO, A. y V. PHANG, 1985. Culture of the guppy, *Poecilia reticulata* in Singapore. *Aquaculture* 51: 49-63.
- FITZPATRICK, S., PEREIRA, B. y C. SCHRECK, 1993. *In vitro* steroid secretion during early development of mono-sex rainbow trout: sex differences, onset of pituitary control and effects of dietary steroid treatment. *General Compend of Endocrinology* 91: 199-215.
- FRANCIS, C., 1992. Sexual lability in teleost: developmental factors. *Quarter Review Biology* 67: 1-17.
- HOSMER, W. y S. LEMESHOW, 1989. *Applied logistic regression*. John Wiley and Sons (Eds). New York. 81 p.
- KORPELAINEN, H., 1990. Sex ratios and conditions required for environmental sex determination in animals. *Biological Review* 65: 147-184.
- LIM, B., PHANG, V. y P. REDDY, 1992. The effects of short-term treatment of 17 $\alpha$  metilttestosterone and 17 $\beta$  oestradiol on growth and sex ratio in the red variety of swordtail, *Xiphophorus helleri*. *Journal of Aquaculture Tropical* 7: 267-274.
- LINDSEY, C., 1962. Experimental study of meristic variation in a population of threespine Stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. *Canadian Journal Zoology* 40: 271-312.
- MAIR, C., BEARDMORE, A. y F. SKIBINSKI, 1990. Experimental evidence for environmental sex determination in *Oreochromis* species. pp. 555-558. En: HIRANO y HANYU (Eds). *Proceedings of the Second Asian Fisheries Forum*. Tokyo.
- MAYA, E. y S. MARAÑÓN, 1998. Efecto del pH sobre la proporción de sexos, el crecimiento y la sobrevivencia del guppy *Poecilia reticulata* Peters, 1859. *Hidrobiológica* 8 (2): 125-132.
- MIDDAUGH, P. y J. HEMMER, 1987. Influence of environmental temperature on sex-ratio in tidewater silverside, *Menidia peninsulae* (Pisces: Aterinidae). *Copeia* 1987: 958-964.
- MONTGOMERY, D., 1984. *Design and analysis of experimental*. 2nd. ed. William and Sons. Inc. New York. 538 p.
- PRICE, J., 1984. Genetics of sex determination in fishes- a brief review. En: *Fish Reproduction: Strategies and Tactics* (POTTS y WOOTTON, Ed), London, 77 - 89 pp.
- RÖMER, U. y W. BEISENHERZ, 1996. Environmental determination of sex in *Apistogramma* (Cichlidae) and two other freshwater fishes (Teleostei). *Journal of Fish Biology* 48: 714-725.
- SCHULTZ, J., 1993. Genetic regulation of temperature-mediated sex ratios in the livebearing fish *Poeciliopsis lucida*. *Copeia* 4: 1148 - 1151.
- SHAPIRO, Y., 1990. Sex-changing fish as manipulable system for the study of the determination, differentiation and stability of sex in vertebrates. *Journal of Experimental Zoology* (Suplemento 4S): 132-136.
- SPOTILA, R., SPOTILA, D. y N. KAUFER, 1994. Molecular mechanism of TSD temperature sex determination in reptiles: A search for the magic bullet. *Journal of Experimental Zoology* 270: 117-127.
- STRÜSSMANN, A y R. PATIÑO, 1995. Temperature manipulation of sex differentiation in fish. pp. 153-157. En: GOETZ y THOMAS (Eds). *Proceedings of the Fifth International Symposium on the reproductive Physiology of Fish*. Fish Symposium, Texas.
- SULLIVAN, J. y R. SCHULTZ, 1986. Genetic and environmental basin of variable sex ratios in laboratory strains of *Poeciliopsis lucida*. *Evolution* 40: 152-158.
- TRIVERS, R. y D. WILLARD, 1973. Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring. *Science* 179: 90-92.
- VELAZCO, E., 1997. Evaluación bioeconómica de un policultivo de peces de ornato: *Lebistes reticulata*, *Xiphophorus helleri* y *Placostomus punctatus* en la granja edjidal "Avalon" en el Municipio de Jiutepec, Morelos. Servicio Social, UAM-Xochimilco, México. 47 p.

Recibido: 23 de enero de 2001.

Aceptado: 27 de julio de 2001.