

Efecto del pH sobre la proporción de sexos, el crecimiento y la sobrevivencia del guppy *Poecilia reticulata* Peters, 1859

Eduardo Maya Peña y
Samuel Marañón Herrera

Depto. El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, 04960 México.

Maya Peña, E. y S. Marañón Herrera, 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.

RESUMEN

La ausencia de información relacionada con el efecto del pH sobre la proporción de sexos en *Poecilia reticulata* es notoria. En el presente estudio se analizó la influencia del pH en juveniles, sobre la proporción de sexos, la sobrevivencia y el crecimiento. Los peces de un día de edad se sometieron a tres tratamientos de pH: ácido (6.2-6.5), neutro (7.0-7.3) y básico (8.5-8.8), durante 18 semanas. Se emplearon 45 organismos por tratamiento y se alimentaron a saciedad. La temperatura y el oxígeno se mantuvieron en 24.6 ± 0.4 °C y 6.86 ± 0.05 mg O₂/l. Quincenalmente se registraron los parámetros: longitud total, longitud patrón y peso. Al finalizar el periodo experimental se estimó el crecimiento. En *P. reticulata*, el pH es determinante en la proporción de sexos; el ambiente básico induce la masculinización en una proporción de 1.86:1, con una sobrevivencia del 95.5%; por el contrario, el ambiente ácido promueve una mayor proporción de hembras de 2:1 y una sobrevivencia de 53.3%. El análisis del crecimiento en peso y talla, indicó que las hembras, de cualquier tratamiento siempre fueron más corpulentas que los machos; las de mayor talla se encontraron en el tratamiento básico y las de mayor peso en el tratamiento ácido.

Palabras claves: pH, *Poeciliidae*, *Poecilia reticulata*, proporción de sexos, crecimiento, sobrevivencia.

ABSTRACT

The absence of information related to the effect of water pH on the guppy *Poecilia reticulata* sex ratio is notorious. In this study the influence of the pH on sex ratio, survival and growth of juvenile guppy was analyzed. The one day old juveniles fish were kept 18 weeks in three pH treatments: acid (6.2 -6.5), neutral (7.0 - 7.3) and basic (8.4 - 8.8). In each treatment 45 organisms were evaluated and were fed *ad libitum*. The temperature and oxygen were maintained in 24.6 ± 0.4 °C and 6.86 ± 0.05 mg O₂/l. Parameters such as total length, standard length and weight were registered every two weeks. When the experimental period concluded, the growth was estimated. Results indicated that a basic pH environment induced masculinization in a ratio of 1.86:1 and a survival rate of 95.5 % was observed. In contrast a neutral pH environment promoted high ratios females to 2:1 and a survival rate of 53.3 %. The growth in weight and size analysis indicated that females, of any treatment, were stouter than the males.

Key words: pH, *Poeciliidae*, *Poecilia reticulata*, sex ratio, growth, survival.

INTRODUCCIÓN

Poecilia reticulata Peters, 1859 es uno de los peces de ornato más ampliamente cultivado en el país, debido a que es muy apreciado por sus características morfológicas, por presentar un ciclo de vida corto, por no requerir de grandes extensiones de terreno para su manejo en cautiverio y por su costo de producción relativamente bajo.

Las condiciones climáticas que predominan en los centros de producción pueden ser determinantes para el buen funcionamiento de un cultivo tropical de este tipo; sin embargo, no existe información confiable que muestre como influyen las condiciones del medio sobre la producción del cultivo.

En los peces de ornato, el tamaño, la forma y el color son las características que determinan el valor del pez en el mercado, las cuales se encuentran ligadas al sexo. De tal manera, una estrategia de producción es la de inducir el sexo con mayores ventajas de comercialización, siendo los machos quienes desarrollan caracteres sexuales secundarios más llamativos y por lo tanto son mejor cotizados (Fernando y Phang, 1985; Pandian y Sheela, 1995).

En las poblaciones silvestres de peces, la proporción de sexos es cambiante y puede ser determinada por diversos factores ambientales (Conover y Kynard, 1981). Las poblaciones de *poecílicos* no son la excepción y su proceso de diferenciación sexual, como en todos los teleosteos, es lábil (Francis, 1992). De tal manera la proporción de sexos puede ser influenciada por factores externos, como la temperatura (Sullivan y Schultz, 1986) y el pH (Rubin, 1985).

Con respecto al pH la información disponible es limitada y el reporte de Rubin (1985) es el único registro del efecto del pH sobre la proporción de sexos en *poecílicos*, específicamente para la especie *Xiphophorus helleri* (pez cola de espada); sus resultados señalan una proporción de machos entre 97 y 100% a un pH cercano a 6.2, la cual disminuye en un pH mayor.

En las poblaciones silvestres de *poecílicos*, es común que el número de hembras predomine (Snelson y Wetherington, 1980) como probable consecuencia de la depredación sobre los machos, debido a que por su colorido resultan ser más llamativos que las hembras (Dawes, 1991).

Otro componente ligado al sexo es el crecimiento, el cual es el resultado de la interacción de factores endógenos como la maduración sexual asociada a aspectos genéticos (Schreibman y Kallman, 1977; Kallman, 1983; Borowsky, 1987) y a factores exógenos como la cantidad y calidad del alimento (Reznick, 1983; Wurstbaugh y Cech, 1983;

Vondracek *et al.*, 1988), la temperatura (Wurstbaugh y Cech, 1983; Yan, 1987) y la salinidad (Gibson y Hirst, 1955; Zimmerer, 1983).

Así, la proporción de sexos y el crecimiento son importantes para estimar la rentabilidad del cultivo, aunado a la evaluación de la sobrevivencia. Tales parámetros al estar relacionados con las condiciones ambientales son determinantes para la viabilidad del cultivo.

Los requerimientos ambientales de *P. reticulata* en condiciones controladas, señaladas por Andrews y Carrington (1988), incluye un pH entre 7 y 9; una temperatura entre 24 y 28 °C; niveles de oxígeno disuelto entre 3 mg/l hasta el nivel de saturación, según la región geográfica y aguas semiduras (100 - 180 ppm de calcio).

Por lo anterior, en la presente investigación se evaluó el efecto del pH sobre el crecimiento, la sobrevivencia y la proporción de sexos en la especie *Poecilia reticulata*, en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. Se consideró obtener juveniles de buena calidad con el fin de minimizar los factores de confusión (Mendez *et al.*, 1988) por efecto de la endogamia (FAO, 1980; Farr, 1981). Por tal razón se seleccionó un lote de machos nacionales, variedad king cobra (provenientes de una granja comercial del Estado de Morelos) y se adquirió otro de hembras importadas, de la misma variedad.

Los parentales se mantuvieron en cuarentena por un lapso de 45 días, separados por sexo en acuarios de 40 l. La temperatura se mantuvo constante en $25 \pm 1^\circ\text{C}$, con un termostato de 100 watts y fue medida con un termómetro sumergible (EITH; $\pm 1^\circ\text{C}$), la concentración de oxígeno disuelto se mantuvo y se registró con un oxímetro con sensor polarográfico (YSI5739; ± 0.05 mg/l), un pH de 8.5 ± 0.5 , obtenido de agua previamente reposada y medido con un potenciómetro (Ohaus; ± 0.2).

Diariamente se les suministró a los peces alimento comercial en hojuelas (Wardley®; con un mínimo de 40 % de proteína cruda) a saciedad, complementado tres veces por semana con alimento vivo (adultos de *Daphnia sp.* y *Artemia sp.*).

Una vez concluido el lapso de cuarentena, machos y hembras se colocaron en acuarios de las mismas dimensiones, en una proporción de 1:3 respectivamente, con el propósito de asegurar la reproducción. Transcurridos 3 meses de cortejo, de un conjunto de 60 hembras se seleccionaron 25 con un estado grávido similar (evaluado

por reconocimiento visual), con el propósito de obtener juveniles de una misma edad. Las hembras seleccionadas se distribuyeron equitativamente en tres lotes, y cada uno de ellos se colocó en el interior de una «maternidad» en acuarios de 80 l hasta la obtención de los juveniles.

Tratamientos. Los juveniles de *P. reticulata* se sometieron durante 12 semanas a tres tratamientos: pH básico (8.5 - 8.8), pH neutro (7.0 - 7.3) y pH ácido (6.2 - 6.5), cada uno con tres replicas ($3 \times 3 = 9$ unidades experimentales). Se colocaron 45 juveniles por tratamiento, correspondientes a 15 por acuario. Diariamente, se registró en cada acuario la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH, los cuales se mantuvieron similares a los de la etapa de mantenimiento de los parentales, a excepción del pH. Los peces se alimentaron, como se describió previamente, a excepción del alimento vivo.

Para mantener el pH ácido y neutro del medio, se utilizó ácido fosfórico y fosfato monobásico de sodio como amortiguador (buffer), agregando la cantidad necesaria por goteo, hasta alcanzar el pH deseado; el ambiente alcalino se obtuvo sin necesidad de agregar algún compuesto.

El agua de los acuarios se mantuvo con aireación constante; el volumen perdido por evaporación se repuso, con agua de clorada previamente reposada a la temperatura y el pH señalados.

El alimento remanente y las heces se retiraron con 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 litros de agua.

Evaluación de sexos. El sexo de los organismos durante el desarrollo del experimento, se determinó considerando la presencia del gonopodio, desarrollado por los machos en todos los *poecílicos*.

Evaluaciones morfométricas. A partir de la cuarta semana, del periodo experimental, cada quince días se estimaron: la longitud total, la longitud patrón, la altura y el peso. Las mediciones de los organismos pequeños (menores de 2 cm) se realizaron con un estereoscopio con reglilla ocular (Zeiss; ± 0.001 cm). La medición de los peces mayores a 2 cm se realizó con un vernier (Scala; ± 0.001 cm). El peso se obtuvo con una balanza digital (Mettler; ± 0.001 g). Para facilitar las mediciones y disminuir el estrés por la manipulación, los peces fueron anestesiados con benzocaína al 10% durante 2 minutos.

Análisis estadístico. Para estimar las diferencias entre la proporción de sexos, se realizó una prueba de X^2 (Zar,

1974) bajo la hipótesis nula de que la proporción de sexos es de 1 : 1. Se utilizó la prueba de Bartlett para probar la homogeneidad de las varianzas en talla y peso de los organismos ($P < 0.05$); de resultar significativa, se realizó una transformación logarítmica de los datos. Posteriormente se aplicó el análisis de varianza (ANDEVA) de dos factores (pH y sexo), para determinar diferencias, si resultaba significativa ($\alpha < 0.05$), se procedió a determinar entre que parejas de tratamientos por la prueba de Tukey, de acuerdo con Montgomery (1984).

Estimación del crecimiento. Con objeto de caracterizar el crecimiento de los peces, se describió gráficamente la talla por diagramas de caja (Hoaglin *et al.*, 1991). Los coeficientes de crecimiento se estimaron de acuerdo al modelo de von Bertalanffy (Ricker, 1975). Los modelos se validaron mediante el análisis de residuos (Draper y Smith, 1981) y de residuos estandarizados (Chatterjee y Price, 1977).

Para determinar diferencias significativas entre las pendientes de la regresión de cada uno de los modelos de crecimiento, se utilizó la prueba de «t» de Student (Zar, 1974), con ajuste de probabilidad de Bonferroni (Carmer y Swanson, 1973) para contraste por parejas de pendientes.

RESULTADOS

Durante el transcurso de las pruebas, el pH de los tres tratamientos se mantuvo constante entre los rangos seleccionados; el oxígeno se mantuvo entre 6.86 ± 0.14 mg O₂/l y la temperatura en 24.6 ± 0.04 °C.

Sobrevivencia

Finalizado el período de experimentación, los resultados indicaron que la mayor sobrevivencia (95.5%) se registró en los peces expuestos a un pH básico, de los cuales el 62.2% fueron machos y el resto hembras. Por el contrario en el medio ácido se registró la menor sobrevivencia (53.3%), de los cuales el 35.6% fueron hembras y el 17.8% machos. En los expuestos a un pH neutro la sobrevivencia presentó valores intermedios, del 77.7%, del cual el 44.4% fueron hembras.

Proporción de sexos

El porcentaje de sexos de los peces sobrevivientes permitió reconocer un gradiente de masculinización en los juveniles sometidos a diferentes pH del medio, es decir, el porcentaje de machos se incrementó a medida que el pH fue más alcalino; en el medio ácido el porcentaje de ma-

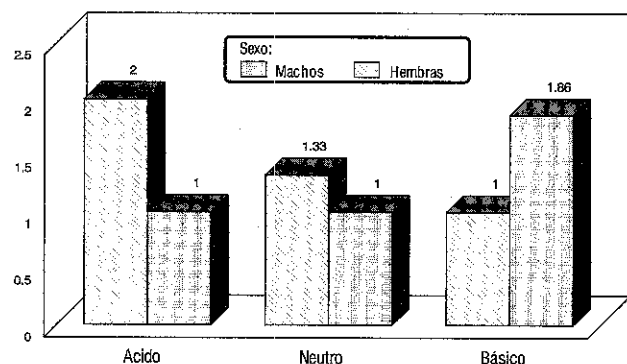


Figura 1. Efecto del pH en la proporción de sexos en el guppy *Poecilia reticulata*.

chos fue de casi la mitad (33.3%) del obtenido en el medio básico (65.2%).

El comportamiento anterior, se reflejó en la proporción sexos (Figura 1), considerando el número de hembras (h) y machos (m) presentes en cada tratamiento, 15 h y 28 m en el medio básico, 20 h y 15 m en el neutro y 16 h y 8 m en el medio ácido. De tal manera en el ambiente básico por cada hembra hay una probabilidad de encontrar 1.86 machos ($P < 0.05$), en el ambiente ácido se estimó la presencia de 2 hembras por cada macho ($P > 0.05$), mientras que en el ambiente neutro la proporción de sexos ($P > 0.1$) fue de 1.33 hembras por cada macho.

Incremento en talla y peso

Se consideró que el mejor estimador de la talla fue la longitud patrón, debido a que el tamaño de la aleta caudal es diferente para cada sexo y puede ser alterada por diversos factores.

Al inicio del experimento, los peces presentaron una talla común de 0.514 ± 0.07 cm; después de transcurrir 84 días, el ANDEVA indicó diferencias significativas del efecto del pH en la talla de los organismos ($P < 0.04$); entre los sexos ($P < 0.0001$) y entre la interacción del pH y el sexo

($P < 0.02$), lo cual indicó que la mayor discrepancia fue la debida al sexo.

Analizando únicamente a las hembras de los tres tratamientos, el ANDEVA indicó que no existieron diferencias significativas por efecto del pH ($P > 0.8$), presentando un incremento similar desde 1.65 cm en el ambiente neutro hasta 1.71 cm en el básico (Tabla 1). En el caso de los machos, se detectaron diferencias ($P < 0.02$) entre los peces del ambiente ácido y los del neutro, siendo el incremento desde 1.14 hasta 1.57 cm, respectivamente. Entre sexos, se detectaron diferencias ($P < 0.05$) en los organismos expuestos tanto en el medio ácido como en el básico.

Las hembras tuvieron una mayor talla que los machos de su respectivo tratamiento; los machos del ambiente neutro resultaron con las mayores tallas, además de ser el tratamiento que promovió tallas similares entre sexos.

Con respecto al peso, el ANDEVA indicó un comportamiento similar al de la talla, es decir, el pH modificó significativamente el peso de los organismos ($P < 0.03$); al igual que entre los sexos ($P < 0.0001$) y entre la interacción del pH y el sexo ($P < 0.02$).

En la tabla 2, se describe el comportamiento del peso, registrándose un valor inicial de 0.00033 ± 0.0009 g al inicio de la evaluación; transcurrido el período experimental, las hembras presentaron un mayor peso que los machos de su respectivo tratamiento, con valores de 0.246 g en el ambiente neutro hasta 0.347 g en el ambiente ácido; mientras los machos tuvieron valores de 0.13 g en el ambiente ácido hasta 0.221 g en el ambiente neutro. El ANDEVA no determinó diferencias significativas entre las hembras ($P > 0.4$), pero si entre los machos del ambiente ácido con los del neutro y el básico ($P < 0.02$).

Las hembras en el ambiente ácido resultaron las de mayor peso, presentado diferencias significativas con los machos de los tratamientos ácido ($P < 0.0001$) y básico ($P < 0.04$); mientras que las hembras del ambiente básico

Tabla 1. Incremento de la talla (longitud patrón) por tratamiento y sexo (hembras: H; machos: M) en el guppy *Poecilia reticulata* en condiciones de laboratorio (media \pm desviación estándar).

Parámetro (cm)	Ácido		Neutro		Básico	
	H	M	H	M	H	M
LP inicial	0.514 \pm 0.0741					
LP final	2.193 \pm 0.468	1.662 \pm 0.159	2.17 \pm 0.454	2.092 \pm 0.421	2.226 \pm 0.183	1.867 \pm 0.105
Incremento total	1.679	1.147	1.655	1.578	1.712	1.353

Tabla 2. Incremento del peso por tratamiento y sexo (hembras: H; machos: M) en el guppy *Poecilia reticulata* en condiciones de laboratorio (media \pm desviación estándar).

Parámetro (g)	Ácido		Neutro		Básico	
	H	M	H	M	H	M
Peso inicial	0.00033 \pm 0.0009					
Peso final	0.35 \pm 0.245	0.134 \pm 0.046	0.249 \pm 0.098	0.225 \pm 0.056	0.311 \pm 0.065	0.206 \pm 0.034
Incremento total	0.347	0.13	0.246	0.221	0.307	0.203
Incremento promedio por quincena	0.057	0.021	0.041	0.036	0.051	0.033

presentaron sólo diferencias significativas con los machos del ambiente ácido ($P < 0.02$).

Crecimiento longitudinal

Los modelos de crecimiento de los peces en los tres tratamientos (Figura 2), indican que el ajuste estimado describe adecuadamente el crecimiento, considerando que se encuentran presentes ambos sexos. También se observa

que la curva que describe el modelo para los peces del ambiente neutro, pasa entre «las cajas» o distancia intercuartil, en todas las semanas que se estimó; con menor precisión se observan los modelos en ambiente básico y ácido; ya que en las dos primeras evaluaciones la curva pasa por afuera de las «cajas». La mayor tasa de crecimiento de los peces fue la del ambiente ácido (0.311 cm/semana), mientras que los del ambiente neutro y básico son similares (0.186 y 0.21 cm/semana, respectivamente).

Las curvas estimadas por los modelos (Figura 3) indican un crecimiento similar de los peces del ambiente ácido y básico, contrastando con los de los peces del ambiente neutro. Al finalizar la evaluación, el crecimiento es similar; la tendencia de la curva es a aumentar en el ambiente neutro, mientras que el crecimiento de los peces en el ambiente ácido tiende a asintotizarse. La prueba de contraste de pendientes indicó que el crecimiento de los peces en ambientes ácido y neutro difiere significativamente ($P < 0.001$), en tanto que el análisis no aportó evidencia para demostrar que el crecimiento de los peces en los ambientes básico - ácido y básico - neutro, fuera distinto ($P > 0.5$).

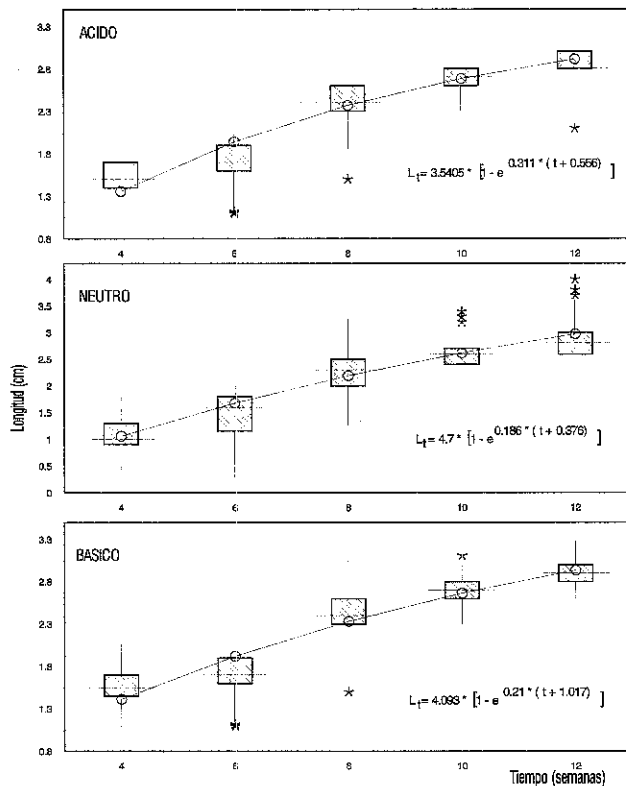


Figura 2. Modelos de crecimiento en talla de *Poecilia reticulata* para cada tratamiento. La línea continúa describe la longitud estimada por el modelo y la caja representa la distribución del error (estimado) por semana. Los asteriscos representan casos extremos.

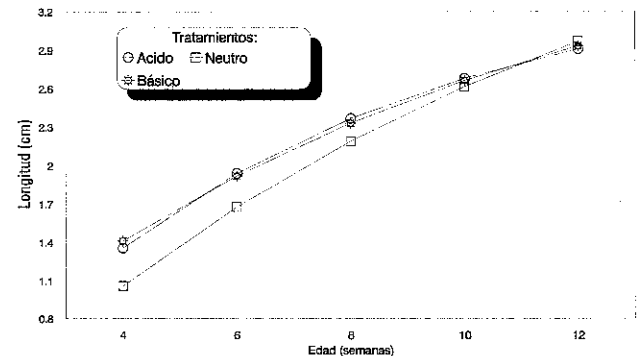


Figura 3. Contraste de los modelos de crecimiento en *Poecilia reticulata*.

El error de los estimadores del modelo indica que el grado de explicación de los modelos (r^2) se encuentra entre el 77.5% y 81.5% para los tratamientos ácido y básico, respectivamente; mientras que el ajuste estimado para el ambiente neutro presentó un menor porcentaje de explicación con un 69.7%. El menor error ($\hat{\epsilon}_{prom}$) fue el del modelo del ambiente básico con -0.018, mientras que los dos modelos restantes, presentaron un ($\hat{\epsilon}_{prom}$) similar de -0.03 y -0.024 para los tratamientos neutro y ácido, respectivamente.

DISCUSIÓN

La controversia relacionada con la proporción de sexos en poblaciones silvestres se inició desde que Fisher (1930) manifestó que en la naturaleza resultaba igualmente «costoso» para una población producir hembras o machos, por lo que la proporción de sexos debería estar alrededor de 1:1. Sin embargo Hamilton (1967), demostró que tal proporción se desvía bajo ciertas condiciones ambientales, genéticas y de comportamiento. La predominancia de uno de los sexos también puede ser una respuesta adaptativa a la presión del medio ambiente (Trivers y Willard 1973).

Charnov y Bull (1977), proponen que la proporción de sexos puede ser ajustada de acuerdo al ambiente más favorable para un determinado sexo, y en combinación con la selección natural promueve la sobrevivencia en favor del sexo con mayores ventajas. Existen algunos ejemplos en los cuales el beneficio de pertenecer a uno u otro sexo está de acuerdo a la talla corporal y a la estructura social inicial, como en algunos peces de arrecife de coral (Fricke y Fricke, 1977).

Farr (1981) demostró con distintas razas de *P. reticulata* un cambio en la proporción de sexos de 1:1, debido a aspectos como la edad de los linajes y en poblaciones donde predomina la endogamia, es decir, no existe aporte nuevo de información genética y las retrocruzas son frecuentes.

En el presente estudio se contempló evaluar si el efecto del pH en *P. reticulata* es determinante para inducir el sexo, como lo plantea Rubin (1985).

La prueba de X^2 mostró que la proporción de sexos en el ambiente básico no se comportó de acuerdo a la relación de 1:1, en donde el pH determinó la predominancia de machos, es decir, indujo la masculinización. En el ambiente ácido, en donde se obtuvo una relación de 2:1, se podría suponer que se promovió la feminización, sin embargo la prueba de X^2 señaló que no existieron diferencias significativas en la proporción de los sexos ($0.025 < P > 0.05$), es decir, los resultados no aportaron la suficiente

información para demostrarlo. Probablemente, la situación anterior fue debida al tamaño de la muestra y no al comportamiento de los datos, ya que la sobrevivencia en el ambiente ácido fue casi la mitad que la registrada en el ambiente básico. Los resultados del presente estudio contrastan con las conclusiones obtenidas por Rubin (1985), quien registró del 97 al 100% de machos a un pH ácido de 6.2 para *Xiphophorus helleri*.

En el ambiente ácido se registró la mayor mortalidad de machos, pero no de hembras, coincidiendo con Haines (1981), quien reportó una muerte masiva de poecílicos silvestres que habitan en ambientes ácidos, con un pH menor a 6. A su vez, el autor observó la disminución de la tasa de crecimiento, así como trastornos en la capacidad reproductiva y deformaciones en el esqueleto.

Al margen de los resultados presentados y finalizado el experimento, los peces se conservaron en sus respectivos acuarios, y se observó que la totalidad de las hembras sobrevivientes en el ambiente ácido fueron capaces de reproducirse. Sin embargo cabe señalar que la maduración sexual fue posterior a la de las hembras de los dos tratamientos restantes.

Como se esperaba, el crecimiento de las hembras fue mayor al de los machos en los tres tratamientos y sus tallas promedio muy similares. Por el contrario, el tamaño de los machos fue más heterogéneo y su crecimiento fue dependiente del tratamiento.

El modelo de los peces del ambiente básico presentó el mayor porcentaje de explicación ($r^2 = 81.5\%$) y el menor error ($\hat{\epsilon}_{prom} = -0.018$), ya que predominó un sexo (los machos) y el número de casos fue considerablemente mayor, comparado con los peces del ambiente ácido, en donde predominaron las hembras, pero el número de casos fue menor. Por el contrario, en el ambiente neutro se encontró casi la misma proporción de hembras y de machos, y por consiguiente la variabilidad se incrementó en medida de las características morfológicas debidas al sexo que son distintas, es decir existe un dimorfismo sexual y son las hembras más grandes, como lo señala Dawes (1991).

Un factor de confusión implícito en la generación de los modelos, fue la presencia de ambos sexos. Una situación deseable hubiera sido estimar los modelos de crecimiento por sexo y tratamiento, condición que no se cumplió ya que implicaba identificar el sexo de los peces desde la etapa juvenil y esto sólo fue posible a partir de la penúltima evaluación.

Lo anterior, no impidió que las estimaciones presentadas puedan ser consideradas válidas, tomando en consideración

el análisis de los errores obtenidos del modelo, de acuerdo con Chatterjee y Price (1977).

Los resultados obtenidos permiten sugerir que la estrategia de producción de *P. reticulata* en sistemas de cultivo comercial, es el mantener un pH alcalino en el medio para aumentar la proporción de machos con un máximo de sobrevivencia.

CONCLUSIONES

El pH del medio altera la proporción de sexos, siendo el ambiente básico el que induce una mayor masculinización en *Poecilia reticulata*.

La sobrevivencia se relacionó con el pH del medio; el ambiente ácido provocó la mayor mortalidad en tanto que el ambiente básico resultó ser el más favorable.

El crecimiento de las hembras fue mayor al de los machos en los tres tratamientos, en tanto que este fue similar en ambos sexos en el pH neutro.

LITERATURA CITADA

- ANDREWS, C. y N. CARRINGTON, 1988. *The interpet manual of fish health*. Salamander books. New York. 208 p.
- BOROWSKY, R., 1987. Genetic polymorphism in adult males size in *Xiphophorus variatus* (Atheriniformes: Poeciliidae). *Copeia* 1987: 782-787.
- CARMER, G. y R. SWANSON, (1973). An evaluation of their pairwise multiple comparison procedures by montecarlo methods. *Journal of the American Statistical Association* 68: 66-74.
- CHARNOV, E. y J. BULL, 1977. When is the sex environmentally determined?. *Nature* 266: 828-830.
- CHATTERJEE, S. y B. PRICE, 1977. *Regression analysis by example*. John Wiley and Sons Inc. New York. 228 p.
- CONOVER, D. y B. KYNARD, 1981. Environmental sex determination: interaction between temperature and genotype in a fish. *Science* 213: 577-579.
- DAWES, J., 1991. *Livebearing fishes*. Blandorf. England. 239 p.
- DRAPER, N. y H. SMITH, 1981. *Applied regression analysis*. 2nd. ed. John Wiley and Sons Inc. New York. 628 p.
- FAO, 1980. Conservación de los recursos genéticos de los peces: problemas y recomendaciones. Informe de la consulta de expertos sobre los recursos genéticos de los peces. *FAO Documentos Técnicos de Pesca* (217). 42 p.
- 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.
- FISHER, R., 1930. *The genetical theory of natural selection*. Oxford University Press., United Kingdom. 68 p.
- FRANCIS, C., 1992. Sexual lability in teleost: developmental factors. *Quarter Review Biology* 67: 1-17.
- FRICKE, H. y S. FRICKE, 1977. Monogamy and sex change by aggressive dominance in coral reef fish. *Nature* 266: 830-832.
- GIBSON, M. y B. HIRST, 1955. The effect of salinity and temperature on the preadult growth of guppies. *Copeia* 1955: 241-243.
- HAINES, T., 1981. Acid precipitation and its consequences for aquatic ecosystems: a review. *Transactions of the American Fisheries Society*. 110 (6): 669-707.
- HAMILTON, W., 1967. Extraordinary sex ratios. *Science* 156: 477-488.
- HOAGLIN, D., F. MOSTELLER y J. TUKEY, 1991. *Fundamentals of exploratory analysis of variance*. John Wiley and Sons Inc. New York. 527 p.
- KALLMAN, K., 1983. Sex determining mechanism of the poeciliid fish, *Xiphophorus montezumae*, and the genetic control of the sexual maturation process and adult size. *Copeia* 1983: 755-769.
- MÉNDEZ, R., G. NAMIHIRA, A. MORENO y M. SOSA, 1988. *El protocolo de investigación. Lineamiento para su elaboración y análisis*. Trillas. México. 95 p.
- MONTGOMERY, D., 1984. *Design and analysis of experimental*. 2nd. ed. William and Sons. Inc. New York. 538 p.
- PANDIAN, T. y S. Sheela. 1995. Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture* 138: 1-22.
- REZNICK, D., 1983. The structure of guppy life histories: the tradeoff between growth and reproduction. *Ecology* 64: 862-873.
- RICKER, W., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the Environment Fisheries and Marine Services. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada* 191: 203-204 pp.
- RUBIN, D., 1985. Effect of pH on sex ratio in cichlids and poeciliid (teleostei). *Copeia* 1985: 233-235.
- SCHREIBMAN, M. y K. KALLMAN, 1977. The genetic control of the pituitary-gonadal axis in the platyfish *Xiphophorus maculatus*. *Journal of Experimental Zoology* 200: 277-294.
- SNELSON, R. y J. WETHERINGTON, 1980. Sex ratio in the sailfin molly, *Poecilia latipinna*. *Evolution* 34: 308-319.
- SULLIVAN, J. y R. SCHULTZ, 1986. Genetic and environmental basis of variable sex ratios in laboratory strains of *Poecilopsis 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.
- VONDRACEK, B., W., WURSTBAUGH y J. CECH, 1988. Growth and reproduction of the mosquitofish, *Gambusia affinis*, in relation to temperature and ration level: consequences for life history. *Environmental of Biology Fisheries* 21: 45-57.
- WURSTBAUGH, W. y J. CECH, 1983. Growth and activity of juvenile mosquitofish: temperature and ration effects: *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 653-660.
- YAN, H., 1987. Size and maturation of *Gambusia affinis*. *Journal of Fish Biology* 30: 731-741.
- ZAR, J., 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall Inc. New Jersey. 620 p.
- ZIMMERER, E., 1983. Effect salinity on the size-hierarchy effect in *Poecilia latipinna*, *P. reticulata* y *Gambusia affinis*. *Copeia*: 243-245.
- Recibido*: 5 de octubre de 1997.
Aceptado: 22 de enero de 1998.