

Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo", Morelos, México

José Luis Gómez-Márquez, José Luis Guzmán-Santiago y Alberto Olvera-Soto

Laboratorio de Limnología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Campus II, UNAM. Batalla del 5 de Mayo esq. Fuerte de Loreto, Col. Ejército de Oriente. C.P. 09230, México, D.F. Fax 7 73 01 51, correo electrónico: luis@puma2.zaragoza.unam.mx

Recibido 11-VIII-1998. Corregido 11-I-1999. Aceptado 15-I-1999.

Abstract: We studied reproduction and growth of *Heterandria bimaculata* in "El Rodeo" lake Morelos, Mexico, from December 1986 through December 1987. A total of 1 452 specimens were obtained (monthly samples). Females represented 60.12 %, males 34.98 % and the young 4.89 % of the population. Overall sex ratio was 1.7: 1 in favor of females (χ^2 $p < 0.05$). The size at first reproduction for females was 27 mm and for males 22 mm (standard lengths); multiple spawning occurred throughout the reproductive cycle (from March through May and July through October) primarily, during the rainy season. There was evidence of breeding activity throughout the year. In July the gonadosomatic index mean was highest (4.7%). The number of embryos in the ovaries were between 5 and 78, with a mean fertility of 23, the fertility was associated with standard length with determination coefficients above 93.22 percent. There was a direct relationship between specimen length and weight, and the asymptotic size for males was 64 mm and for females 81 mm (standard lengths).

Key words: *Heterandria bimaculata*, sex ratio, fertility, growth, Morelos.

Los poecílidos, peces nativos del nuevo mundo y de distribución principalmente tropical, comprenden alrededor de 190 especies, clasificadas en 22 géneros y 12 subgéneros y son considerados como un grupo monofilético (desde el punto de vista cladista). Se distribuyen en agua dulce, salobre y marina desde el noreste de los Estados Unidos hasta el sur del Río de la Plata en la parte norte de Argentina, con gran diversificación taxonómica en América Central, México y las Indias Occidentales (Parenti & Rauchenberger 1989).

A nivel internacional, la afición por los peces ornamentales es una industria multimillonaria y los Estados Unidos de Norteamérica (E.E.U.U.) han sido considerado como el mayor mercado de peces ornamentales en el mun-

do, ya que de 1989 a 1992, casi el 79% de estos peces fueron importados del sureste de Asia y Japón, siendo Singapur, Filipinas, Hong Kong e Indonesia las principales naciones exportadoras. En 1992, en los E.E.U.U. se importaron 201 millones de peces (valuados en \$44.7 millones), de los cuales 730 especies eran de agua dulce y 809 de origen marino (Chapman *et al.* 1997).

El "guatopote manchado" *Heterandria bimaculata* (Heckel 1848) es originario de América Central (Rosen & Bailey 1963) y se encuentra en la Vertiente del Atlántico cuyo límite norte es incierto, pero no se extiende a la cuenca del Río Nautla; se distribuye en los ríos Misantla, Blanco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Sarabia, siendo este su límite sur en

el Estado de Oaxaca, México, en elevaciones que van desde cerca del nivel del mar hasta al menos 1 430 m (Miller 1974). Se registró por primera vez a *H. bimaculata* en la Vertiente del Pacífico (Gaspar-Dillanes 1987) y es considerada como una especie introducida en la cuenca alta del Río Balsas (Espinoza *et al.* 1993) en ríos como el Amacuzac, Yautepec y Tembembe, así como en el Vaso de "El Rodeo" y la laguna de Coatetelco, Morelos, en temperaturas que oscilan de 22.0 a 28.4 °C y altitudes entre 950 y 1 500 m (Gaspar-Dillanes 1987). Esta especie también fue registrada en los canales de Xochimilco, en el Valle de México (Espinoza *et al.* 1993).

A pesar de su amplia distribución geográfica con otros miembros de la familia (*Xiphophorus helleri*, *Poeciliopsis gracilis* y *Poecilia* sp), aspectos relacionados con la biología de *H. bimaculata* de la laguna de "El Rodeo" son escasos, por lo cual el propósito de este artículo es obtener información sobre reproducción y crecimiento de *H. bimaculata* en un embalse de la cuenca del Río Balsas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuó un muestreo mensual de diciembre de 1986 a diciembre de 1987 en la laguna "El Rodeo", municipio de Miaatlán, Estado de Morelos (18° 46' 30" N y 99° 19' 45" W) y una descripción detallada de los factores físicos y químicos del embalse es proporcionada por Alejo *et al.* (1989). Se capturaron 1 452 peces, con un chinchorro playero de 30 m de largo, 1.5 m de ancho y 0.01 m de luz de malla. Las muestras se colocaron en bolsas negras de polietileno con formaldehído al 4% neutralizado con borato de sodio. Asimismo, se tomaron muestras de agua de manera mensual para el registro de la temperatura ambiental y del agua (termómetro de $\pm 1^\circ\text{C}$), oxígeno disuelto (Winkler, modificación de azida de sodio), pH (potenciómetro de campo), alcalinidad total (titulación con ácido débil) y dureza total (método complejométrico) por medio de técnicas convencionales (Anónimo 1980). En el laboratorio, a cada espécimen

se le realizó la siguiente biometría: longitud patrón (Lp) con un vernier de 0.1 mm de precisión, peso total (Pt), peso eviscerado (Pe) y peso de la gónada para hembras (Pg) con un balanza granataria de 0.1 g de precisión.

Los estadios de desarrollo gonádico se establecieron por medio de la inspección de la gónada siguiendo los criterios de Mendoza (1962) y Contreras-Mac Beath & Ramírez (1996). Se obtuvo la longitud patrón promedio y su desviación estándar (d.s.) mensual, con el fin de analizar el comportamiento del crecimiento anual por sexo. Dicho crecimiento por sexos fue comparado por medio de la prueba de *t*-student ($p < 0.05$). La proporción sexual se analizó para toda la población de manera mensual y el grado de significancia de los resultados obtenidos fue establecido por medio de la ji-cuadrada (χ^2) con $p < 0.05$. Para conocer el tamaño de la primera reproducción de las hembras, se examinaron las gónadas de acuerdo al criterio empleado por Reznick & Miles (1989). Para los machos se consideró la talla cuando la estructura del gonopodio se encontraba completamente desarrollada. Se obtuvo la relación longitud patrón-peso total mediante la expresión propuesta por Ricker (1975) y se le aplicó el ANCOVA para determinar si existían similitudes entre sexos. Se obtuvieron los valores promedio y la desviación estándar de manera mensual del Índice Gonadosomático (IGS) para las hembras, el cual fue considerado como una medida del costo reproductivo de la especie (Vargas & de Sostoa 1996). La fertilidad de acuerdo a Schoenherr (1977), se obtuvo por conteo directo del número de embriones (Ne) en cada gónada antes del parto y se relacionó con la longitud patrón. Se calculó el factor de condición (FC) por medio de la fórmula de Fulton (Tesch 1968) para ambos sexos y se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$), para determinar si la condición era diferente entre los sexos y de manera mensual. Asimismo, se realizó el análisis de distribución de frecuencia de tallas por medio de la modificación al método de Bhattacharya (Pauly & Caddy 1985) y para conocer el ritmo de crecimiento se utilizó el modelo de crecimiento de

von Bertalanffy en la forma propuesta por Barlow (1992). Los valores de L_{∞} y k se establecieron por medio del gráfico de Gulland (1964; citado en Pauly 1983).

RESULTADOS

El total de ejemplares capturados fue de 1 452, con longitud patrón de 14 a 69 mm y peso total de 0.25 a 62.5 g para toda la población. En diciembre de 1986 (Cuadro 1) se capturaron 410 ejemplares (29.69%) mientras que en mayo se recolectaron solo 30 peces (2.17%). Del total de organismos examinados 71 (4.89 %) fueron indeterminados, 873 (60.12%) correspondieron a hembras y 508 (34.98%) a machos, lo cual da una proporción sexual hembra: macho de 1.7: 1 (χ^2 $p < 0.05$). La variación mensual en dicha proporción mostró que las hembras prevalecieron a través del año excepto en marzo, donde se observó una mayor proporción de machos (0.55: 1). La dominancia de hembras se registró en mayo, a razón de 3.28: 1 hembra: macho. En octubre y diciembre de 1987 la proporción de los sexos parece ser no diferir significativamente de 1: 1 (hembra: macho).

Se encontró dimorfismo sexual en las características morfológicas de *H. bimaculata*. El principal carácter que distingue a los machos de las hembras es la modificación de los radios de la aleta anal, que en los machos forma el gonopodio. La talla entre los sexos es diferente (Cuadro 2), ya que las hembras alcanzan tallas más grandes (69 mm de Lp) que los machos (60 mm de Lp; t-student $p < 0.05$). No se presentan diferencias en cuanto al color, pero las hembras son más brillantes.

La longitud patrón promedio mensuales y sus respectivos valores mínimos y máximos (Fig. 1) muestran una variación estacional para ambos sexos (Kruskal-Wallis $p < 0.05$). En las hembras principalmente, se observa que de marzo a julio hay un incremento notable en la talla, el cual corresponde con el aumento en la temperatura ambiental y del agua durante este período y, de agosto a enero una disminución del crecimiento debido al proceso reproductivo, a la presencia de juveniles así como a las condiciones ambientales presentes. El mismo comportamiento se registró para los machos, aunque con tallas promedio menores a las hembras.

Se detectó diferencia en el tamaño al inicio de la reproducción entre los sexos (t-student $p < 0.05$) y de acuerdo con el criterio empleado,

CUADRO 1

Resultados de χ^2 para el análisis de las frecuencias absolutas mensuales de hembras y machos de *H. bimaculata*

Mes	Total	Hembras (h)	Machos (m)	χ^2	p	Dominante
Diciembre 86	410	252	158	21.55	*	<i>h</i>
Enero 87	146	89	57	7.01	*	<i>h</i>
Marzo	56	20	36	4.57	*	<i>m</i>
Abril	115	75	40	10.65	*	<i>h</i>
Mayo	30	23	7	8.53	*	<i>h</i>
Junio	58	41	17	9.93	*	<i>h</i>
Julio	139	96	43	20.21	*	<i>h</i>
Agosto	180	126	54	28.80	*	<i>h</i>
Septiembre	49	34	15	7.37	*	<i>h</i>
Octubre	70	38	32	0.51	ns	
Noviembre	68	43	25	4.76	*	<i>h</i>
Diciembre	60	36	24	2.40	ns	
Total	1381	873	508	96.47	*	<i>h</i>

* = $p < 0.05$; ns = no significativa; gl = 1

CUADRO 2

Estadísticas descriptivas de *H. bimaculata*

Parámetro	Promedio± d.e.	Hembras		Promedio± d.e.	Machos	
		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
Lp (mm)	38.27±7.3	17.00	60.00	42.72±12.3	14.00	69.00
Pt (g)	11.58±6.2	1.29	39.70	19.36±14.2	0.25	62.50
Pe (g)	08.03±4.2	1.00	27.26	13.35±09.7	0.28	42.85
Ne	23±13	5	78			

Lp=longitud patrón; Pt=peso total; Pe=Peso eviscerado; Ne=número de embriones; d.e.= desviación estándar

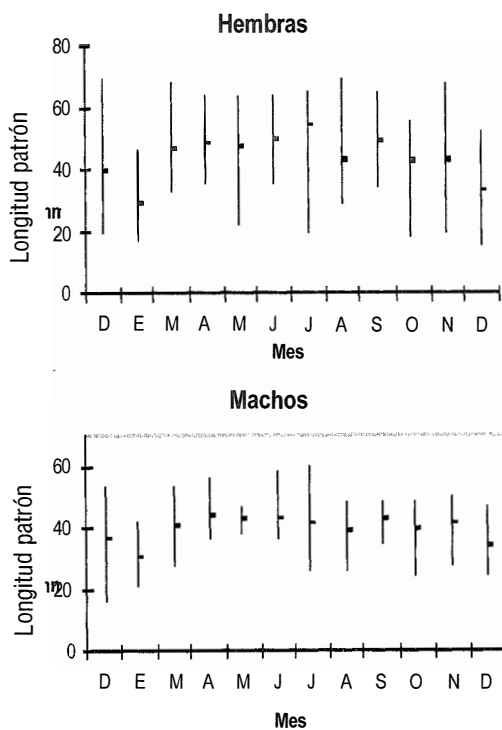


Fig. 1. Comportamiento del crecimiento anual para hembras y machos de *H. bimaculata*. (promedio ± d.s.).

la longitud patrón a la cual se inicia la primera reproducción para los hembras de *H. bimaculata* fue de 27 mm. En los machos, el espécimen más pequeño con el gonopodio completamente formado fue de 22 mm.

Al realizar la relación entre la longitud patrón y el peso total para ambos sexos se encontraron diferencias significativas (ANCO-

VA $p < 0.05$) para este gradiente de crecimiento. Para una misma longitud patrón, las hembras fueron más pesadas que los machos y la relación potencial indicó que el tipo de crecimiento que presentaron los machos es alométrico negativo mientras que las hembras presentaron un comportamiento alométrico positivo. Las ecuaciones quedaron establecidas de la siguiente manera:

$$Pt = 0.0017 Lp^{3.02}; r^2 = 96.39\%; n = 837; (\text{hembras})$$

$$Pt = 0.0020 Lp^{2.97}; r^2 = 90.09\%; n = 484; (\text{machos})$$

La alta proporción de estadios de maduración gonádica en las hembras (Fig. 2), representativos de la reproducción (estadios de desarrollo IV y V) estuvieron presentes casi todo el año, con mayor porcentaje de marzo a mayo y de julio a octubre, lo cual coincide para este último período con la época de lluvias. El estadio VI estuvo ausente en mayo, agosto y septiembre, mientras que el estadio I estuvo presente en mayor proporción desde agosto hasta enero y durante el resto del tiempo presentó bajos porcentajes. El estadio II se registró casi todo el año pero con bajos valores. Respecto al estadio III, este se observó de abril a junio y posteriormente de agosto a noviembre. En los machos no fue posible establecer los estadios de maduración debido a que todas las gónadas se encontraban maduras.

En julio se registró el valor más alto del índice gonadosomático (4.7%) para las hembras y a partir de este mes se observó la tendencia de disminución hasta abril, con el

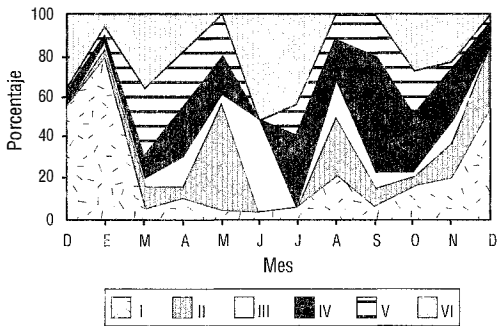


Fig. 2. Variación anual de los estudios de maduración gonádica para las hembras de *H. bimaculata*.

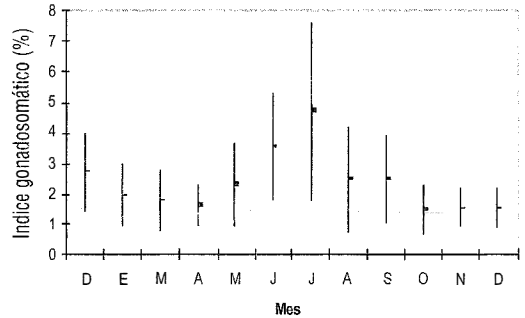


Fig. 3. Cambios estacionales en el índice gonadosomático para las hembras de *H. bimaculata* (promedio \pm d.s.).

consecuente incremento posteriormente (Fig. 3), cuando aumenta la temperatura ambiental y del agua ($r=0.5916$, Fig. 7). Este resultado revela, el período de reproducción para la especie y además es durante estos meses cuando se produce la mayor cantidad de embriones, aunque por los datos de maduración gonádica es probable que se registren todo el año, pero en menor cantidad.

Respecto a la fertilidad, se analizaron las gónadas de 206 hembras cuyo número de embriones fluctuó entre 5 y 78 con un promedio de 23. Al relacionar la talla de las hembras con el número de embriones (Fig. 4) se observa que conforme esta incrementa, se presenta un aumento en el número de embriones, aunque con mayor variabilidad en las tallas grandes. Así, para la talla de 34 mm de longitud patrón el número de embriones osciló entre 8 y 13 con media de 10 y para la talla de 56 a 64 mm, el promedio fue de 40 embriones. Del análisis de regresión entre la fertilidad y la longitud patrón ($n=206$) se obtuvo que el coeficiente de determinación fue de 93.22 %, lo cual indica que el número de embriones parece ser influenciado por el tamaño de la hembra. Dicha expresión quedó de la siguiente forma:

$$F = 0.0005 L_p^{2.71}; r^2 = 93.22 \%$$

El factor de condición mostró diferencias significativas entre los sexos (Kruskal-Wallis $p < 0.05$) con valores y patrón si-

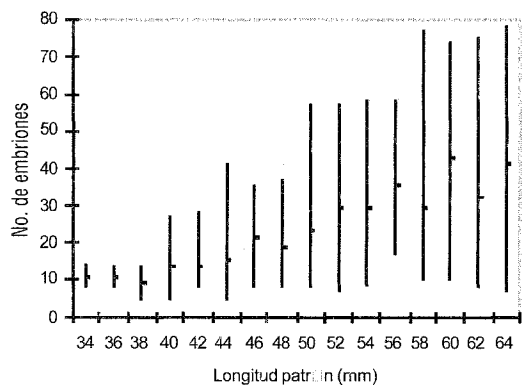


Fig. 4. Promedio, valor mínimo y máximo para la variación del número de embriones con respecto a la talla de *H. Bimaculata*.

milar para ambos sexos. El valor máximo promedio se registró en julio (Fig. 5), como consecuencia del incremento en peso y posteriormente, la condición disminuye de agosto hasta marzo debido a la liberación de los embriones en las hembras. En enero se obtuvo el mínimo valor de condición para ambos sexos y se observó que este factor no se relaciona estadísticamente con la temperatura del agua ($r^2=17.59\%$), pero sí en cuanto al comportamiento anual que ésta presenta.

Mediante el análisis de la distribución de frecuencias de tallas, se obtuvieron cuatro clases de talla para cada uno de los sexos y con los valores de longitud patrón promedio,

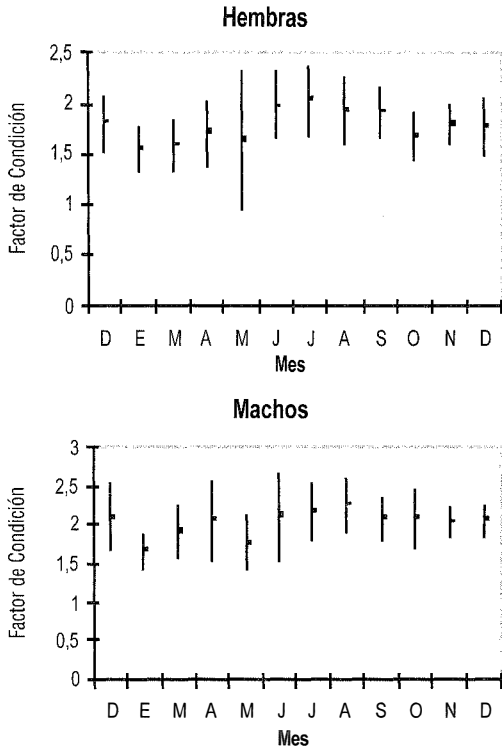


Fig. 5. Promedio \pm d.s. del factor de condición para hembras y machos de *H. bimaculata* durante el estudio.

se calcularon la longitud asintótica y el coeficiente de crecimiento para las hembras ($L_{\infty}=81.14$ mm; $k=0.2618$) y para los machos ($L_{\infty}=64.15$ mm; $k=0.3579$) para así generar el gráfico de crecimiento (Fig. 6), en el cual se observa que a los seis meses de edad las hembras alcanzan el 80% de su longitud asintótica, mientras que los machos el 86% debido a que las hembras parece ser viven mayor tiempo que los machos en función de la tasa de crecimiento (t-student $p<0.05$).

Los valores promedio de los factores físicos y químicos considerados en el estudio se encuentran representados en la Fig. 7. La temperatura del agua fluctuó entre 23.6 °C (en noviembre) y 29.2 °C (en junio) con promedio de 26.2 °C; el oxígeno disuelto presentó su máxima concentración en los meses de estiaje (abril a junio) entre 10.0 y 11.5 mg/l y la menor concentración (5.5 mg/l) en los meses de inundación (de julio a noviembre); la dureza total

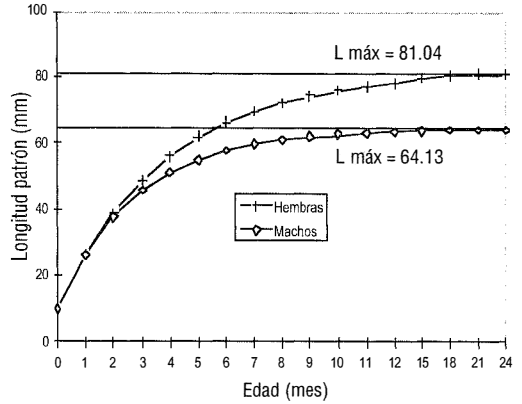


Fig. 6. Curvas de crecimiento con base al modelo de von Bertalanffy en la forma propuesta por Barlow (1992).

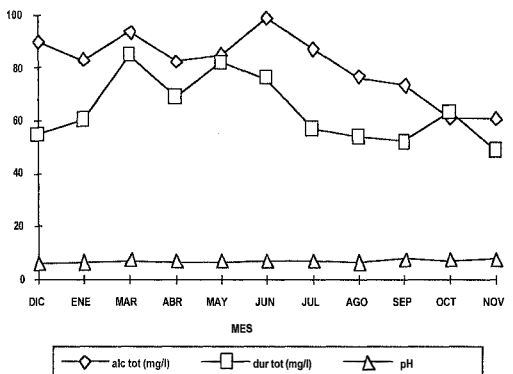
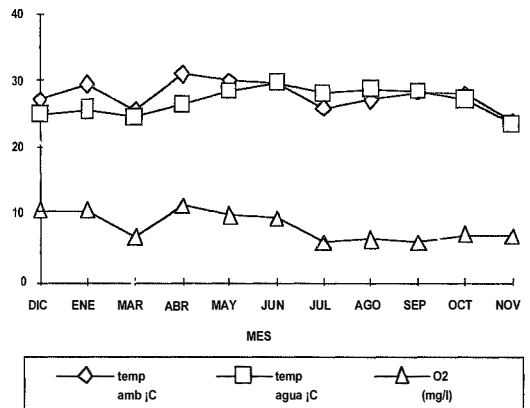


Fig. 7. Promedios mensuales de los factores físicos y químicos del agua de la Laguna "El Rodeo", Mor.

siguió el mismo comportamiento que el oxígeno disuelto y varió entre 49.4 y 85.2 mg/l; la alcalinidad total presentó su máximo en marzo (97.8 mg/l) y el mínimo en noviembre (61.0 mg/l) y, el pH osciló entre 6.5 y 8.3 unidades hacia el final del estudio. Estos factores se encuentran entre los valores reportados para la familia Poeciliidae.

DISCUSIÓN

La mayor captura de peces (abundancia relativa) se obtuvo en julio y agosto (verano), diciembre y enero (invierno), mientras que en mayo (primavera) y de septiembre a noviembre (otoño) se recolectó la menor cantidad de organismos, lo cual se debe posiblemente a la época reproductiva que realiza la especie, ya que aunque el máximo de la etapa reproductiva se realiza de julio a septiembre, la reproducción por parte de algunas hembras continúa a través de todo el año y el reclutamiento de los peces jóvenes parece ser independiente de la estación del año. Asimismo, el arte de pesca utilizado (principalmente la luz de malla), también influye en la cantidad de peces capturados, debido a que no se pudo determinar con mayor precisión los meses en los cuales se realiza el reclutamiento, denotado por la presencia de una nueva cohorte formada por juveniles.

Observaciones realizadas durante el estudio, revelan que *H. bimaculata* es una especie monomórfica con diferencias sexuales secundarias bien marcadas en tamaño y por la presencia del gonopodio en los machos, característica compartida por todos los poecílidos. Farr (1989) menciona que el tamaño diferencial en esta familia puede ser explicado en términos de que las hembras toman más tiempo en madurar y continúan creciendo a través de toda su vida. En el caso de los machos, es probable que éstos sigan el comportamiento presentado por *Gambusia holbrooki*, ya que de acuerdo con Vargas & de Sostoa (1996) los machos no crecen o si lo hacen (Snelson 1984), éste es muy poco, una vez que el gonopodio ha sido completamente formado y no viven mucho después de haber madurado.

Otro aspecto que puede influir en la diferencia en tamaño, es la talla de primera reproducción, porque los machos son precoces comparado con las hembras y éstas tienen un largo período de crecimiento antes de la maduración y altas tasas de crecimiento. Aunque la longitud patrón máxima registrada para las hembras fue de 69 mm y para los machos de 60 mm, Scott (1987) menciona que las hembras de *H. bimaculata* pueden alcanzar tallas por encima de los 150 mm de longitud patrón y los machos mayor a los 70 mm. Esta diferencia puede deberse a factores como alimentación (calidad y cantidad), depredación, área de captura y aspectos relacionados con la reproducción.

Respecto a la proporción sexual de la especie, de manera global ésta favoreció a las hembras sobre los machos con una relación 1.7: 1. Reza & Díaz (1994) encontraron para *H. bimaculata* una proporción de 2.3: 1 (hembras y machos) un poco mayor a la reportada para este estudio. Contreras-McBeath & Ramírez (1996) citan que *P. gracilis* presentó una proporción de 4.5: 1 en favor de las hembras. Dichos resultados fueron obtenidos para las especies citadas en la cuenca del Río Balsas, Mor., México. Snelson (1989) menciona que las poblaciones silvestres de los adultos de muchos poecílidos, está sesgada en favor de las hembras y que dicho sesgo es el resultado de una mortalidad diferencial entre los sexos, ya que las hembras tienen altas tasas de sobrevivencia debido a su gran tamaño, peso y color menos conspicuo que el de los machos. Esta alta mortalidad en los machos se puede deber posiblemente a la depredación, principalmente por los colores brillantes al realizar sus actividades de cortejo y otra explicación sería por la luz de malla del arte utilizado, la cual tal vez permita pasar a través de la red a los machos que por lo general son más pequeños que las hembras.

Vargas & de Sostoa (1996) reportan sesgo en favor de las hembras para *G. holbrooki*; y describen que ocurre cuando la proporción sexual favorece a los machos y cuando ésta no difiere significativamente de 1:1 (hembras: machos), lo cual parece suceder con la especie en estudio. Se piensa que la variación mensual

en la proporción sexual refleja la dinámica natural de la población, aunque ésta esté sesgada por el tipo de muestreo, principalmente cuando aumenta el volumen de la laguna (durante los meses de lluvia), lo cual dificulta la captura de los peces en las áreas (pedregosas y alta densidad de vegetación) donde éstos se encuentran.

Con base en la variación de los estadios gonádicos durante el año, el máximo valor del índice gonadosomático obtenido para las hembras, al comportamiento del factor de condición para ambos sexos y a la presencia de embriones en las gonadas totalmente desarrollados, se detectó que el máximo período de reproducción se realiza en julio-septiembre (verano), durante la estación lluviosa, cuando la laguna comienza a incrementar su volumen y se presentan los valores más altos de temperatura, aunque parece evidente con los datos de madurez gonádica que esta actividad se realiza casi todo el año, pero en menor porcentaje como lo mencionan Constantz (1989) y Meffe & Snelson (1989); esto mismo apoyado por Reza & Díaz (1994). Contreras-McBeath & Ramírez (1996) citan que *P. gracilis* se reproduce en el Río Cuautla, Mor. también durante la estación lluviosa (agosto y septiembre). Este patrón como lo citan Rosen & Bailey (1963), se debe a que en las zonas templadas y subtropicales el ciclo reproductivo de los poecílicos disminuye al final del verano y otoño y termina en invierno, característica que es atribuida a fluctuaciones en el fotoperíodo y a la temperatura media.

La talla a la cual los machos inician su etapa reproductora es aproximadamente a los 22 mm de longitud patrón y las hembras aproximadamente a los 27 mm, debido a que la tasa de crecimiento es mayor en los machos que en las hembras como respuesta al comportamiento reproductivo, es decir, un organismo que alcance mayor talla tendrá mayor oportunidad de competir en eventos reproductivos que los machos que sean de menor talla (Sumner *et al.* 1994). Hubbs & Mosier (1985) mencionan que las hembras de *G. gaigei* inician su reproducción entre los 24-25 mm de longitud patrón y en el caso de *G. hurtadoi*, una hembra de 20 mm de longitud patrón se encontraba en reproducción.

Se encontró que para *H. bimaculata* la fertilidad presentó alta asociación con la longitud patrón, resultado similar a lo reportado por otros autores para poecílicos que no presentan superfetación, ya que una hembra adulta puede liberar varias camadas en la misma temporada reproductiva pero las camadas no se superponen, como sucede en *G. gaigei* (Hubbs & Mosier 1985), *Poecilia picta* (Reznick *et al.* 1992), *Poeciliopsis turrubarensis* (Cabrera & Solano 1995) y *G. holbrooki* (Vargas & de Sostoa 1996), en las cuales se observa que un incremento en la longitud patrón esta asociado a un aumento en el número de embriones (Reznick & Miles 1989), además el tamaño de la camada varía con el tamaño de la hembra, la estación del año así como con el hábitat. Esta misma tendencia es reportada por Reza & Díaz (1994) para *H. bimaculata* sin mencionar el número de ejemplares que se utilizaron para la relación y el grado de asociación que se obtuvo. Respecto al número de embriones, Scott (1987) menciona que ésta especie puede producir más de 100 embriones a intervalos de seis a ocho semanas, por lo que el registro para este estudio fue mucho menor.

El tipo de crecimiento alométrico positivo, es decir, mayor crecimiento en peso que en longitud que presentan las hembras, se debe a que éstas alcanzan tallas más grandes que los machos, porque éstas utilizan más tiempo para madurar, siguen creciendo en mayor porcentaje que los machos durante toda su vida y porque incrementan en peso debido al proceso reproductivo. Por otra parte, el peso que las hembras alcanzan puede ser afectado inicialmente por el número y tamaño de los ovocitos en las gónadas y posteriormente por los embriones, es decir, que a mayor talla de las gónadas aumenta el peso corporal de los individuos (Tesch 1968) o que el mayor tamaño de las hembras permite un mayor número de ovocitos y posiblemente mayor tamaño de cada uno de los embriones.

La influencia de las condiciones ambientales y la reproducción fueron reflejadas en la condición de *H. bimaculata*. El máximo valor del factor de condición se registró en

julio, el cual coincidió con valores altos de temperatura, aumento en el peso debido al crecimiento de los embriones dentro de las gónadas y cuando el período reproductivo fue el más alto. Posteriormente se presentó una disminución de la condición hacia los meses fríos y esto se debió al gasto energético ocupado para el crecimiento de las crías y a las condiciones ambientales adversas que se registran en la zona de estudio. Este mismo comportamiento para el factor de condición fue reportado por Vargas & de Sostoa (1996) para *G. holbrooki*.

El crecimiento en juveniles es muy rápido, consecuencia de ser organismos capaces de comenzar a alimentarse casi inmediatamente después de la eclosión y se ha observado en el laboratorio y en el campo que especies de la misma familia, tienen tasas de crecimiento de 0.2 mm a 0.3 mm/día (Snelson 1989) y en el estado adulto los machos cesan de crecer después de alcanzar la madurez sexual (Vargas & de Sostoa 1996). Por lo tanto, el crecimiento presentado por *H. bimaculata* es posible que se ajuste al que muestran otras especies de la misma familia, ya que al comparar las curvas de crecimiento por sexo de *H. bimaculata*, se observa que los machos alcanzan la talla asintótica en menor tiempo que las hembras por efecto de la tasa de crecimiento y en general los machos crecen después de la madurez entre un 20 y 50% con respecto a la tasa de crecimiento de las hembras, aunque esta observación no se aplica para todos los poecílidos (Snelson 1989).

Ricker (1979) indica que el crecimiento de las hembras de los poecílidos es exponencialmente lento, como el que presentan los grandes peces, condición que en las hembras de *H. bimaculata* se presenta porque son más grandes en longitud y poseen mayor peso que los machos (Rosen & Bailey 1963). Sin embargo, altas tasas de crecimiento favorecen la sobrevivencia de los juveniles, porque si ellos son grandes, pueden alimentarse sobre grandes presas y evitar la depredación y por lo tanto, disminuir su tasa de mortalidad (Vargas & de Sostoa 1996). Asimismo, los machos alcanzan su estado adulto en menor tiempo y por consi-

guiente su etapa reproductiva, por lo que poseen menor longevidad. Rickter y Efanov (citados en Sparre 1992) demostraron que los peces con una alta mortalidad natural maduran a temprana edad, compensando la alta mortalidad mediante una reproducción más temprana, y en la mayoría de las especies los machos envejecen y mueren a más temprana edad que las hembras.

Porque el análisis de distribución de frecuencias de tallas ha sido considerado como no satisfactorio por varios autores, los cuales recomiendan la lectura de los otolitos como la mejor técnica para determinar la edad de los peces de vida corta (Snelson 1989), se considera que los valores obtenidos mediante el método utilizado en el presente estudio es adecuado, ya que la complejidad de los factores sociales, ambientales y genéticos no controlables en la naturaleza, pueden influir en el crecimiento, la maduración y reproducción de la especie.

El agua que entra al embalse presenta buena oxigenación, pH ligeramente ácido con tendencia hacia la basicidad y con carga de sedimentos y nutrimentos durante la temporada de lluvias. Snelson (1989) menciona que sólo dos parámetros ambientales abióticos, la temperatura y el pH se han mostrado a influir en la proporción sexual y que su efecto sobre la maduración y el crecimiento de los organismos es muy significativo, pero éste varía de especie a especie. Por otra parte, por el grado de dureza total, el agua de la laguna se puede considerar como agua moderadamente dura y por la alcalinidad total como productiva (Alejo *et al.* 1989), por lo cual se cree que la especie en estudio encuentra condiciones adecuadas para desarrollarse en el sistema acuático en cuestión.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Salvador Contreras-Balderas, Ma. Teresa Gaspar-Dillanes, Samuel Gómez-Aguirre y Francisco Barba-Torres sus comentarios y sugerencias así como la revisión

crítica del documento. El presente estudio se llevó a cabo con el apoyo de la F.E.S. Zaragoza, UNAM y de la Delegación de Pesca del Estado de Morelos.

RESUMEN

De diciembre de 1986 a diciembre de 1987 se determinaron algunos aspectos de reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* de la laguna "El Rodeo", Morelos, México. Los resultados obtenidos muestran que de los 1 421 organismos recolectados, el 60.12% corresponden a hembras, el 34.98% a machos y el 4.89% a juveniles; con proporción sexual a favor de las hembras de 1.7: 1 (hembras: machos χ^2 ; $p < 0.05$). La talla de primera reproducción para los machos fue de 22 mm de longitud patrón y para las hembras de 27 mm; múltiples desoves posiblemente se realicen durante el ciclo reproductivo (de marzo mayo y de julio a octubre) principalmente durante la temporada de lluvias. En julio se registró el valor más alto del índice gonadosomático (4.7%) y del factor de condición. El contenido de embriones en las gónadas fue de 5 a 78 con promedio de 23 y la fertilidad se asoció en mayor porcentaje con la longitud patrón ($r^2 = 93.22\%$). Se encontró relación directa entre el peso total y la longitud patrón para esta especie y, la longitud patrón asintótica para los machos fue de 64 mm y para las hembras de 81 mm, con mayor tasa de crecimiento para estas últimas.

REFERENCIAS

- Alejo, P.M.C., M.E.L. Marín & P.R. Tlalpan. 1989. Estudio de algunos aspectos Biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la Laguna "El Rodeo", Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 129 p.
- Anónimo. 1980. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Washington, D.C. 874 p.
- Barlow, J. 1992. Nonlinear and logist growth in experimental populations of guppies. *Ecology* 73: 941-950.
- Cabrera, P.J. & Y.L. Solano. 1995. Fertilidad y fecundidad en *Poeciliopsis turrubarensis* (Pisces: Poeciliidae). *Rev. Biol. Trop.* 43: 317-320.
- Chapman, A.F., S.A. Fitz-Coy, E.M. Thunberg & C.M. Adams. 1997. United States of America Trade in Ornamental Fish. *J. World Aquacul. Soc.* 28: 1-10.
- Constantz, D.G. 1989. Reproductive Biology of Poeciliid Fishes, p. 33-50. *In: Meffe, G.K. & F.F. Snelson Jr.* (eds). *Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae)*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Contreras-McBeath, T & H. E. Ramírez. 1996. Some aspects of the Reproductive Strategy of *Poeciliopsis gracilis* (Osteichthyes: Poeciliidae) in the Cuautla River, Morelos, Mexico. *J. Freshwater Ecol.* 11: 327-338.
- Espinoza, P.H., M.T.D. Gaspar & P.M. Fuentes. 1993. Listados Faunísticos de México. III. Los Peces Dulceacuicolas Mexicanos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 99 p.
- Farr, A.J. 1989. Sexual Selection and Secondary Sexual Differentiation in Poeciliids: Determinants of Male Mating Success and the Evolution of Female Choice, p. 91-123. *In: Meffe, G.K. & F.F. Snelson Jr.* (eds). *Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae)*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Gaspar-Dillanes, M.T. 1987. Nuevo registro de *Heterandria (Pseudoxiphophorus) bimaculata* (Heckel, 1848) en la vertiente del Pacífico Mexicano. (Pisces: Poeciliidae). *An. Inst. Biol. UNAM, Ser. Zool.* (2): 933-938.
- Hubbs, C. & D. T. Mosier. 1985. Fecundity of *Gambusia gaigei*. *Copeia* 4: 1063-1064.
- Meffe, G.K. & F.F. Snelson Jr. 1989. An Ecological Overview of Poeciliid Fishes, p. 13-31. *In: Meffe, G.K. & F.F. Snelson Jr.* (eds). *Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae)*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Mendoza, G. 1962. The reproductive cycles of three viviparous teleosts, *Allophorus robustus*, *Godea luitpoldii* and *Neophorus diazi*. *Biol. Bull.* 123: 351-365.
- Miller, R.R. 1974. Mexican Species of the Genus *Heterandria*, Subgenus *Pseudoxiphophorus* (Pisces: Poeciliidae). *San Diego Soc. Nat. Hist. Trans.* 17: 235-250.
- Parenti, R.L. & M. Rauchenberger. 1989. Systematic Overview of the Poeciliines, p. 3-31. *In: Meffe, G.K. & F.F. Snelson Jr.* (eds). *Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae)*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Pauly, D. 1983. Algunos Métodos Simples para la Evaluación de Recursos Pesqueros Tropicales. *FAO. Doc. Téc. Pesca* (234): 49 p.
- Pauly, D. & J. Caddy. 1985. A modification of Bhattacharya's method for the separation of normal distributions. *FAO Fish. Circ.* 781. 16 p.

- Reza, U.B.S. & P.E. Díaz. 1994. Algunos aspectos de la biología reproductiva de *Heterandria bimaculata* (POECILIIDAE). Resúmenes, IV Congreso Nacional de Ictiología, Morelia, Michoacán, México: 57-58.
- Reznick, N.D. & D.B. Miles. 1989. A Review of Life History Patterns in Poeciliid Fishes, p. 125-148. *In*: Meffe, G.K. & F.F. Snelson Jr. (eds). Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva-Jersey.
- Reznick, N.D., D.B. Miles & S. Winslow. 1992. Life History of *Poecilia picta* (Poeciliidae) from the Island of Trinidad. *Copeia* 3: 782-790.
- Ricker, W.E. 1975. Handbook of Computations for Biological Statistics of the Fish Populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 191. 382 p.
- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models, p. 677-743. *In*: Hoar, W.S., D.J. Randall & J.R. Brett (eds). Fish Physiology. Vol. 8 Academic, Nueva York.
- Rosen D.E. & R.M. Bailey. 1963. The Poeciliid Fishes (Cyprinodontiformes) their Structure Zoogeography and Systematics. Bull. Amer. Mus. Natur. Hist. 126. 176 p.
- Schoenherr, A.A. 1977. Density dependent and density independent regulation of reproduction in the gila topminnow, *Poeciliopsis occidentalis* (Baird and Girard). *Ecology* 58: 438-444.
- Scott, W P. 1987. An interpret guide to livebearing fishes. Salamander, Londres. 117 p.
- Snelson, F.F.Jr. 1984. Seasonal maturation and growth of males in a natural population of *Poecilia latipinna*. *Copeia* 1: 252-255.
- Snelson, F.F.Jr. 1989. Social and Enviromental Control of Life History Traits in Poeciliid, p. 149-161. *In*: Meffe, G.K. & F.F. Snelson Jr. (eds). Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Sparre, P. & S. Venema. 1992. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual FAO Chile: 1-245.
- Sumner, I.T.; J. Travis & C.D. Johnson. 1994. Methods of female fertility advertisement and variation among males in responsiveness in the sailfin molly (*Poecilia latipinna*) *Copeia* 1: 27-34.
- Tesch, F.W. 1968. Age and growth, p. 93-123. *In*: W.E. Ricker, (ed). Methods for assessment of fish production in fresh waters. Blackwell Scientific, Oxford (IBP Handbook No. 3).
- Vargas M.J. & A. de Sostoa. 1996. Life history of *Gambusia holbrooki* (Pisces, Poeciliidae) in the Ebro delta (NE Iberian Peninsula). *Hydrobiologia* 341: 215-224.