

Aspectos reproductivos del "charal prieto" *Chirostoma attenuatum* (Meek, 1902) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. Nuevas líneas de investigación en atherinópsidos de México

Reproductive aspects of "charal prieto" *Chirostoma attenuatum* (Meek, 1902) of lake Pátzcuaro, Michoacán. New topics on atherinopsids of México

Patricia M. Rojas Carrillo

Instituto Nacional de la Pesca. Pitágoras 1320, Col. Sta. Cruz Atoyac. México, D. F. C. P. 03310. Tel. (55) 54 22 30 54 y 53.
Correo electrónico: patyroja2002@yahoo.com.mx.

Rojas-Carrillo P. M. 2006. Aspectos reproductivos del charal prieto *Chirostoma attenuatum* (Meek, 1902) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. Nuevas líneas de investigación en atherinópsidos de México. *Hidrobiológica* 16 (1): 1-9.

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan algunos aspectos reproductivos del charal *Chirostoma attenuatum* para el ciclo anual 1988-1989 en el Lago de Pátzcuaro, relativos a la identificación de los estadios de madurez gonádica a través de la escala de maduración de Nikolsky y de Peralta, se obtuvieron los valores del índice gonadosomático para cada estadio; la talla de primera madurez y la talla mínima de madurez por interpolación y extrapolación a partir de las tallas de todos los individuos maduros; la proporción sexual y la estructura de tallas. Los resultados mostraron un periodo amplio de reproducción de enero a septiembre, una proporción sexual de 2-3 machos por hembra durante la reproducción y a través del análisis de los estadios gonádicos en cada estación, se señalan a las estaciones de Urandén, Zacuapio y Pacanda como zonas de reproducción y Urandén y La Playa como zonas de crecimiento sugiriendo sean consideradas como zonas de reserva de la especie. La talla de primera madurez fue de 8.1 cm LS y la talla mínima de madurez de 5.5 cm LS. Se encontró que existe una desproporción sexual de esta especie ($p < 0.05$), espacial y temporal, así como una distribución diferencial de sexos en el lago, se discuten las causas. Por otro lado, se encuentran tallas diferenciales entre machos y hembras ($p < 0.05$) espacial y temporalmente. Tanto la desproporción sexual como las tallas diferenciales por sexo se asocian a un fenómeno mayor de determinación sexual por temperatura que hay que demostrar, por lo que se requieren estudios de ecología reproductiva de ésta y otras especies de atherinópsidos mexicanos en los que este fenómeno jugaría un papel importante para la mejor comprensión y administración de estos recursos.

Palabras clave: *Chirostoma attenuatum*, charal, reproducción, proporción sexual, determinación sexual por temperatura.

ABSTRACT

Some important reproductive aspects of charal *Chirostoma attenuatum* were analysed for the annual cycle 1988-1989 in Patzcuaro lake, related to the phases of gonadal maturation based in Nikolsky and Peralta maturation scales; the gonadosomatic index were obtained for the maturation phases analysed. The size of first maturation was obtained as well as the minimal maturation size which were obtained by inter and extrapolation on the whole sample of matured individuals, the sexual ratio and the sizes structure. The results show a wide reproduction period from January to September; a sexual reproduction ratio of 2-3 males per female. Through the analysis of the maturation phases in each station it was possible to determined that Urandén, Zacuapio y

Pacanda are reproductions grounds and that Urandén and La Playa are growing grounds suggesting that these places should be considered as reserved areas for the protection of the specie. The first maturity size was 8.1 cm LS and the minimum maturity size 5.5 cm LS. It was found that the sexual ratio is different from 1:1 ($p > 0.05$) and that there is a differential distribution of sexes in the lake. Differential sizes in males and females were found in spatial and temporal scales. Both sexual ratio different from 1:1 and differential sizes of males and females are associated with a mayor phenomenon of sexual determination by temperature. Reproductive ecology studies are needed for this and other species of Mexican atherinopsids in which sexual temperature determination would play an important role to the understanding and management of these resources.

Key words: *Chirostoma attenuatum*, charal, reproduction, sexual ratio, sexual determination by temperature.

INTRODUCCIÓN

El charal prieto *Chirostoma attenuatum* de la familia Atherinopsidae (Dyer & Chernoff, 1996) forma parte del grupo de charales endémicos del lago de Pátzcuaro, Mich., localidad tipo de su distribución natural (Barbour, 1973). Ocupa el segundo lugar en abundancia relativa entre las especies de *Chirostoma* del lago (Rojas *et al.*, 1993).

Los charales y el pescado blanco han constituido tradicionalmente las pesquerías más importantes del lago de Pátzcuaro. Los charales constituyen desde 1992, la proporción más alta de producción entre las especies más importantes que se capturan en el lago (*Chirostoma estor*, *Algansea lacustris*, *Cyprinus carpio*, *Micropterus salmoides*, *Oreochromis aureus*, *Chirostoma grandocule*, *Chirostoma patzcuaro*); en 1996 y 1997, representó el 46% del total. En términos absolutos, de 1981 a 2003, su producción muestra una clara tendencia a la baja. El volumen más alto se presentó en 1985, con 523 t., y para 2003 la captura fue de 14 t, es decir, 37 veces menos que en 1985, lo que señala un cuadro de sobreexplotación de estos recursos (Oficina Regional de Pesca en Pátzcuaro-Sagarpa).

Son escasos los estudios sobre aspectos pesqueros de los charales, entre ellos se encuentran los de Solórzano (1955), Arreguín-Sánchez (1986 y 1987), Rojas, (1992), Rojas *et al.* (1993) y Rojas *et al.* (1995), Jiménez y Gracia, (1995). Por su parte, Berlanga *et al.* (1997) tratan sobre aspectos ecológicos de las especies de peces del lago; Solórzano (1961) se refiere la biología de *C. attenuatum* y Rosas, (1976) y Morelos, (1987) a estudios de hábitos alimenticios y reproducción de esta especie; sobre hibridación en laboratorio con esta especie y otros atherinópsidos del lago de Pátzcuaro se encuentran los trabajos de Oseguera (1990) y Ledesma (1990).

En el presente trabajo se abordan algunos aspectos reproductivos del charal prieto *Chirostoma attenuatum* referidos a los estadios de madurez gonádicos, la talla de primera madurez, la talla mínima de madurez, la proporción sexual, así como la estructura de tallas. A partir de los resultados obtenidos, se señalan líneas de investigación que es importante abordar para

la comprensión de la biología reproductiva de la especie y el mejoramiento de su administración como recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como resultado de un proyecto más amplio sobre la biología de las especies del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro realizado por el CRIP-Pátzcuaro del Instituto Nacional de la Pesca durante el ciclo 1988-1989 (Rojas *et al.*, 1993), se presentan los resultados obtenidos con relación a algunos aspectos reproductivos relevantes para la especie *Chirostoma attenuatum*. En el citado proyecto se establecieron siete estaciones de muestreo en las comunidades de Ichupio, Sta. Fé de la Laguna, Zacuapio, Isla de La Pacanda, Oponguio, Urandén y La Playa (Fig. 1).

Se realizaron 11 muestreos mensuales de abril de 1988 a abril de 1989 con un tamaño de muestra de 212 organismos por estación ($p < 0.05$). Debido a las cargas de trabajo, en algunas estaciones se recorrieron las fechas de muestreo, abarcando hasta el mes de abril del siguiente ciclo. En cada estación se realizaron 11 muestreos con red tipo chinchorro playero de 102.6

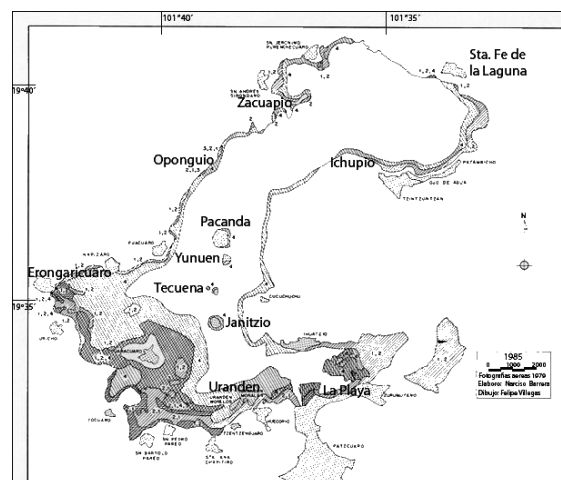
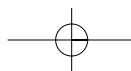


Fig. 1 Estaciones de muestreo en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán mapa tomado de Lot y Novelo, 1988.



m de longitud, con caída de 3.7 m, largo de la bolsa de 6.6 m y luz de malla de 0.7 cm. De 14,000 organismos capturados en las siete estaciones durante los 11 muestreos, se identificaron 7,000 organismos siguiendo la clave de Barbour (1973), de los cuales 1415 correspondieron a la especie *Chirostoma attenuatum*. Con estos organismos se realizó el estudio de aspectos reproductivos que se presenta a continuación.

Estadios de madurez gonádica. Los organismos de *C. attenuatum* se disecaron y se sexaron determinando el estadio de madurez gonádica empíricamente a través de la observación macroscópica de las gónadas en fresco de acuerdo con Nikolsky (1963) y Peralta (1991). El estadio IV de Peralta corresponde con el estadio V del presente trabajo, en virtud de que a diferencia de Peralta, se consideró el estadio virgen como I.

Índice gonadosomático. Se extrajeron las gónadas de 603 hembras de *C. attenuatum*, se pesaron en fresco en balanza analítica (0.0001 g), se estimó el Índice Gonadosomático (IGS) de la muestra de acuerdo con la relación $IGS = (\text{peso de la gónada} / \text{peso del organismo}) \times 100$ y se obtuvo el IGS para cada estadio gonádico.

Proporción sexual. La proporción sexual se obtuvo de acuerdo con la relación hembra / hembra + macho por mes para cada estación. Para determinar estadísticamente si las proporciones sexuales encontradas guardaban la relación teórica 1:1, se hizo una prueba de χ^2 empleando una tabla de contingencia 2 X 1, con $\alpha = 0.05$ y 1 grado de libertad.

Por otro lado, para determinar si la proporción sexual era independiente del tiempo, se aplicó una prueba de χ^2 a las proporciones sexuales observadas en cada estación mes con mes y registradas en una prueba de contingencia de 2 X 11, $\alpha = 0.05$ y 10 grados de libertad. Se realizó una prueba si-milar para el total anual de machos y hembras espacialmente y a escala global.

Talla de primera madurez. La talla de primera madurez en longitud estándar (LS) se estimó construyendo una curva de frecuencia acumulada re-lativa de todas las hembras maduras (estadios IV y V) y las tallas de madurez de los estadios IV y V. Se interpoló en la gráfica obteniendo la talla para la que el 50 % de los organismos ha alcanzado la madurez (Barba, 1990).

Talla mínima de madurez. Para la estimación de la talla mínima de madurez en longitud estándar (LS) se aplicó una regresión lineal simple entre el peso de las gónadas y la longitud de las hembras maduras (estadios IV-V) (Barba (1990). La longitud mínima de madurez se extrapoló de la gráfica obtenida.

Estructura de tallas. A partir de los datos biométricos se obtuvo la estadística descriptiva considerando tallas en longitud estándar a escala espacial y temporal, obteniendo el promedio, error estándar, desviación estándar, mínimo y máximo por sexo.

RESULTADOS

Estadios de madurez gonádica y distribución. En la Tabla 1 se muestran los valores del IGS obtenidos para cada estadio gonádico, con las tallas correspondientes y en la Tabla 2 se presentan los resultados del número de individuos por estadio de madurez gonádica para el ciclo 1988-1989. El porcentaje de hembras maduras por estación de acuerdo al estadio de madurez gonádico se presenta en la Tabla 3.

Proporción sexual. Las proporciones sexuales (macho:hembra) por estación obtenidas para el ciclo anual fueron: Ichupio (1:2.45), Santa Fé (1:0.51), Zacuapio (1:2.23), Oponguio (1:0.64), Pacanda (1:0.66), Urandén (1:1.70), La Playa (1:1.13) y a escala anual lago (1:1.13). En Ichupio, Zacuapio, Urandén y La Playa predominan las hembras; en Pacanda, Oponguio, y Santa Fé predominan los machos.

La prueba de χ^2 muestra los meses para los cuales existe una diferencia significativa con respecto a la proporción teórica 1:1 en las proporciones sexuales para cada estación (Tabla 4).

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la prueba de χ^2 aplicada para conocer si hay independencia entre los eventos macho y hembra en el tiempo para cada estación.

Talla de primera madurez. La talla de primera madurez obtenida por interpolación fue de 8.1 cm de LS (Fig. 2).

Talla mínima de madurez. La talla mínima de madurez obtenida por extrapolación fue de 5.5 cm LS (Fig. 3)

Estructura de tallas. En la Tabla 6 se pueden observar los datos de talla en longitud estándar para cada estación y en la Tabla 7 los datos de talla de *C. attenuatum* para el ciclo anual.

DISCUSIÓN

Estadios de madurez gonádica. Los valores del IGS que se obtuvieron para cada uno de los estadios de madurez gonádico (Tabla 1) identificados empíricamente constituyen la base sobre la que se elaboró la Tabla 2 de estadios de madurez. En ésta se muestra el reclutamiento que se va sucediendo para cada estadio de madurez de machos y hembras conforme avanza el ciclo. Observamos que los machos son menos abundantes que las hembras en los estadios I a IV, pero en el estadio V la situación se revierte y desde abril hasta septiembre los machos duplican, triplican y hasta cuadruplican en número a las hembras. En total, para todo el ciclo, la proporción machos:hembras para los organismos en estadio V es de 2:1, todo lo cual concuerda con lo observado por Rosas (1976), Middaugh y Hemmer (1987) y

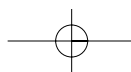


Tabla1. Índice Gonadosomático por estadio y tallas de *Chirostoma attenuatum*

Estadio (Peralta, 1991)	IGS				Longitud patrón (cm)				N
	Mínimo	Máximo	Promedio	S	Mínimo	Máximo	Promedio	S	
II (I)	0.03	2.39	0.19	0.309	3.7	9.6	5.77	0.93	156
III (II)	0.02	13.46	2.57	2.48	4.9	10	7.61	1.26	186
IV (III)	0.42	13.64	4.07	2.33	5.9	10.6	8.5	1.03	136
V (IV)	0.22	13.86	6.63	2.83	6.2	11.1	8.14	1.04	118
VI (V)	0.20	5.62	3.12	1.87	7.4	10	8.87	0.91	7
Total									603

S = desviación estándar; N = número de individuos

Grosman *et al.* (2001) para otras especies de atherinópsidos como parte de su estrategia reproductiva. Igualmente, se observa un desfase en la presencia de machos en los estadios del II al IV con respecto a las hembras. Este reclutamiento de hembras y machos desde los primeros estadios de maduración, en una progresión a lo largo del año conforme van madurando, alcanza sus mayores proporciones (29% de la muestra) en los meses de abril y mayo en el estadio V, con la observación de que hay mayor proporción de machos maduros desde abril hasta febrero. La aparición de hembras maduras en estadio V desde enero hasta septiembre y de machos maduros durante casi todo el año, permite suponer que esta especie tiene un amplio periodo reproductivo, prácticamente de todo el año, con un periodo

de mayor intensidad en abril y mayo. Lo anterior confirma las observaciones de Morelos (1987) para esta especie y de Peralta (1991) para otras especies de atherinópsidos del lago de Pátzcuaro.

La observación de una mayor proporción de machos maduros en este periodo del año, sugiere que existe un movimiento o "migración" de éstos a las zonas de reproducción.

Zonas de reproducción y crecimiento. De acuerdo con la distribución de estadios gonádicos en cada estación, encontramos que Urandén constituye una zona de reproducción por presentar la proporción más alta de hembras en estadio V (26.7%), seguido de Zacuapio (19.7%) y Pacanda (18.1%) (Tabla 3).

Tabla 2. Número de organismos por estadio de madurez gonádico.

Estadio	I		II		III		IV		V		VI		Total	
	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
Mes	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
A	0	0	0	0	1	14	3	6	47	32	5	2	56	54
M	2	1	1	6	4	9	5	2	68	26	1	0	81	44
J	6	4	2	13	1	28	2	17	39	14	1	3	51	79
J	10	4	15	62	2	31	4	11	23	9	2	2	56	119
A	8	2	22	46	5	30	4	18	35	12	2	0	76	108
S	10	1	24	23	3	11	1	6	20	5	0	1	58	47
O	0	0	18	28	31	20	4	6	11	0	2	0	66	54
N	1	0	38	30	13	7	0	1	0	0	0	0	52	38
D	1	0	23	28	26	26	2	7	2	0	0	0	54	61
E	6	0	3	8	15	7	6	10	5	2	1	0	36	27
F	0	0	0	5	9	12	4	17	13	3	1	0	27	37
M	0	0	0	0	5	2	8	13	7	8	4	1	24	24
A		0	1	2	5	16	13	22	10	16	1	0	30	56
Total	44	12	147	251	120	213	56	136	280	127	20	9	667	748

M = machos; H = hembras

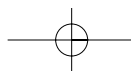


Tabla 3. Porcentaje de hembras por estación según madurez gonádica

Estadio	(Peralta, 1991)	Ichupio	Sta.Fé	Zacuapio	Oponguio	Pacanda	Urandén	LaPlaya	Total
I		16.67	8.33				41.67	33.33	12
II (I)		9.16	3.98	20.32	8.76	10.76	23.11	23.90	251
III (II)		8.92	6.10	15.96	12.21	14.08	22.07	20.66	213
IV (III)		14.71	2.21	21.32	13.97	11.76	16.18	19.85	136
V (IV)		12.60	5.51	19.69	10.24	18.11	26.77	7.09	127
V (V)				11.11	22.22	33.33	11.11	22.22	9
Total									748

De la misma manera, el 47 % de los ejemplares en estadio II y el 42.7 % de los ejemplares en estadio III se encontraron tan sólo en las estaciones de Urandén y La Playa, indicando con ello que Urandén también es una zona de crecimiento junto con La Playa. Estas observaciones concuerdan con las de De Buen (1944) en el sentido de que esta especie se alimenta en las facies del *Potamogeton* (vegetación sumergida) así como en vegetación enraizada flotante y emergente, la cual actualmente cubre amplias zonas del sur del lago, en donde se ubican estas dos estaciones (Lot & Novelo, 1988). Por esta razón se considera que ambas zonas deben tomarse en cuenta para la asignación de áreas de reserva para protección de esta especie.

Proporción sexual. A través de las pruebas de χ^2 aplicadas a las proporciones sexuales obtenidas mensual y anualmente por estación, ($\chi^2_{0.05, 1}$; $\chi^2_{0.05, 10}$) se confirma estadísticamente ($p < 0.05$) que existe una desproporción sexual en esta especie. Se observa así mismo, una distribución diferencial de sexos en el lago, como se puede ver en los resultados

de proporciones sexuales por estación (Tabla 4). De la misma manera, la prueba de independencia muestra que al menos en las estaciones de Ichupio, Pacanda, Urandén y La Playa y a escala anual del lago, las desproporciones no son independientes del tiempo ($p < 0.05$), lo que es posible explicar por efecto del evento reproductivo y al menos en parte, por los movimientos diferenciales de machos durante la reproducción (Tabla 5).

El fenómeno de distribución diferencial de sexos no es aislado, está documentado también en el pejerrey, *Odontesthes bonariensis* atherinópsido de Sudamérica (Grosman *et al.*, 2001). Sin embargo, existen otras explicaciones del fenómeno de desproporción sexual el cual puede no ser sólo un efecto de distribución diferencial. De acuerdo con Conover y Heines (1987); Middaugh y Hemmer, (1992) y Strüssmann *et al.* (1996) entre otros, la desproporción sexual en las especies de atherinópsidos parece ser un fenómeno común resultante de un complejo sistema adaptativo en el que el medio ambiente juega un papel importante. En efecto, la temperatura ha probado ser un factor

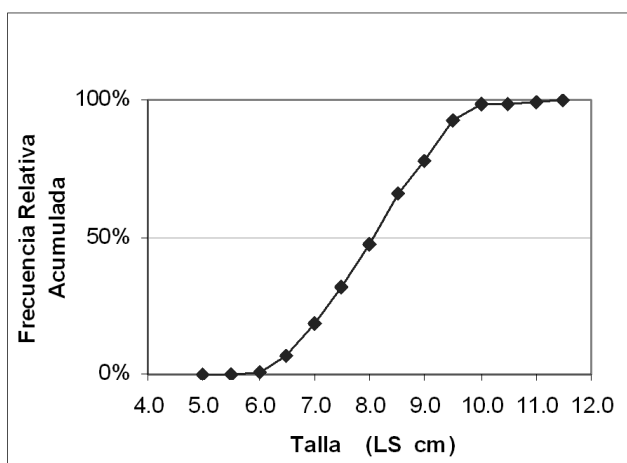
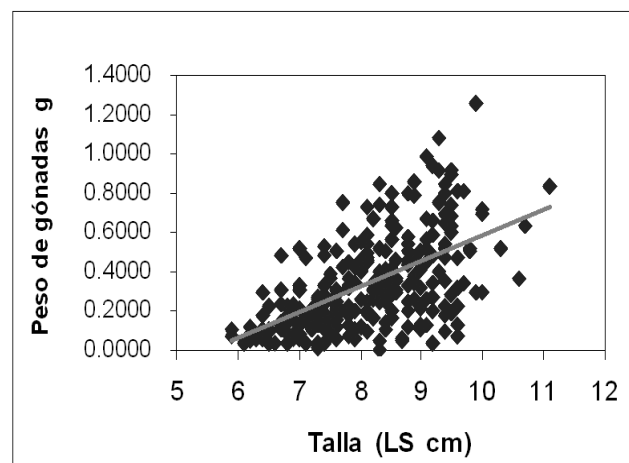
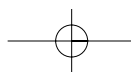
Fig. 2. Talla de primera madurez de *C. attenuatum*.Fig. 3. Talla mínima de madurez de *C. attenuatum*.

Tabla 4. Meses por estación en los que no se guarda la proporción 1 : 1. χ^2 calculada $> \chi^2_{0.05,1} = 3.841$

Estación	χ^2 calculada $> \chi^2_{0.05,1} = 3.841$	Predominancia
Ichupio	Febrero, julio, agosto y total anual	Hembras
Santa Fé	Febrero, abril, mayo y total anual	Machos
Zacuapio	Junio, julio y total anual	Hembras
Oponguio	Abril, junio y total anual	Machos
Pacanda	Marzo, abril, mayo, julio, octubre y total anual	Machos excepto julio
Urandén	Abril, junio, julio y total anual	Hembras
La Playa	Mayo, junio, agosto	Hembras
LAGO	Abril, mayo, junio, julio, agosto y total anual	Hembras excepto mayo

determinante del sexo de manera tal que, las temperaturas bajas producirían hembras y las altas machos, dando como resultado en todo caso, proporciones diferentes de la teórica 1:1, como ocurre con *C. attenuatum*.

Talla mínima de madurez. *Chirostoma attenuatum* alcanza la madurez sexual a la talla mínima de 5.5 cm LS, la cual es menor que la reportada por Morelos (1987) de 6.3 cm LS debido quizá a un efecto de sobreexplotación (Gulland & Rosenberg, 1992), y el 50 % de la muestra presenta una talla de primera madurez de 8.1 cm LS. Debido a la amplia estación reproductiva de la especie y a la talla mínima de madurez que encontramos, es posible anticipar que *C. attenuatum* alcance la madurez sexual en el mismo año de su nacimiento. Lo anterior es importante ya que significa que el reclutamiento de nuevos individuos a la pesquería está compuesto tanto de los que las clases de tallas mayores produzcan, como la de los nuevos individuos que nacieron en el mismo año; por otro lado, de comprobarse que la temperatura influye en la determinación sexual de esta especie, estaríamos hablando de la producción diferencial de sexos por época del año, (lo cual explicaría en parte el que las propor-

ciones sexuales no sean independientes del tiempo), lo que influye en el reclutamiento y añadiría un elemento más en la explicación de la desproporción sexual y en sentido más amplio, de su biología reproductiva.

Estructura de tallas. Los resultados del presente trabajo muestran tallas diferenciales entre machos y hembras en las estaciones y a escala lago. Las tallas máximas observadas para hembras son siempre mayores que las de los machos tanto a escala espacial como temporal y particularmente las de las estaciones Zacuapio, Urandén y La Playa son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) (Tabla 6). En el análisis temporal encontramos también que las tallas de machos y hembras son diferentes estadísticamente en los meses de abril, junio, septiembre, octubre, diciembre, marzo y abril del siguiente ciclo (Tabla 7).

Es importante señalar que tanto la desproporción sexual como las tallas diferenciales por sexo se asocian con el fenómeno de determinación sexual por temperatura en las especies de atherinópsidos *Menidia menidia*, (Conover & Kynard, 1981); *Menidia beryllina* (Middaugh y Hemmer, 1992); *Menidia pennin-*

Tabla 5 . Resultados de la prueba de independencia $\chi^2_{0.05,10}$

Estación	Significancia	Decisión
Ichupio	$\chi^2 = 24.71 > \chi^2_{0.05,10} = 18.307$	Se rechaza H_0
Santa Fé	$\chi^2 = 11.83 < \chi^2_{0.05,10} = 18.307$	No se rechaza H_0
Zacuapio	$\chi^2 = 10.93 < \chi^2_{0.05,10} = 18.307$	No se rechaza H_0
Oponguio	$\chi^2 = 17.92 < \chi^2_{0.05,10} = 18.307$	No se rechaza H_0
Pacanda	$\chi^2 = 69.93 > \chi^2_{0.05,10} = 18.307$	Se rechaza H_0
Urandén	$\chi^2 = 20.46 > \chi^2_{0.05,10} = 18.307$	Se rechaza H_0
La Playa	$\chi^2 = 34.21 > \chi^2_{0.05,10} = 18.307$	Se rechaza H_0
LAGO	$\chi^2 = 57.92 > \chi^2_{0.05,10} = 18.307$	Se rechaza H_0

Aspectos reproductivos de *Chirostoma attenuatum*. Nuevas líneas de investigación.

Tabla 6. Promedio anual de longitud estándar de *C. attenuatum*

Estaciones	Hembras						Machos					
	LS Promedio (cm)	S	EE	Mínimo	Máximo	N	LS Promedio (cm)	S	EE	Mínimo	Máximo	N
Ichupio	7.16	1.57	0.17	3.60	9.60	80	6.69	1.10	0.19	4.20	8.60	32
Sta. Fé	7.20	1.60	0.27	3.80	10.00	35	6.74	1.16	0.13	3.70	9.00	72
Zacuapio *	6.99	1.56	0.13	4.00	9.90	141	6.25	1.08	0.14	4.00	8.40	59
Oponguio	7.36	1.74	0.19	3.90	10.00	83	6.92	1.07	0.09	3.70	9.90	132
Pacanda	7.30	1.43	0.15	4.50	10.70	97	7.13	0.92	0.08	3.90	9.00	144
Urandén *	7.14	1.65	0.13	3.80	11.10	168	6.40	0.96	0.10	3.80	9.30	97
La Playa *	6.40	1.40	0.12	3.70	10.60	144	5.53	0.82	0.07	4.00	8.30	130

S = Longitud estándar; S = Desviación estándar; EE = Error estándar; N = número de organismos; Estación * = tallas de machos y hembras diferentes ($p < 0.05$)

sulae, (Middaugh & Hemmer, 1987); particularmente con relación a la talla Conover (1984) comenta que el resultado final del fenómeno de determinación sexual por temperatura "es que las hembras son más grandes que los machos porque su nacimiento temprano les provee de una estación de crecimiento más larga".

Es posible que este fenómeno esté presente en las especies de atherinópsidos mexicanos ya que, además de esta primera evidencia presentada para *C. attenuatum*, existe una relación filogenética entre las especies del género *Chirostoma* y *Menidia* (Barbour, 1973). A través de estudios osteológicos y cladísticos Echelle y Echelle (1984) concluyen que todas las

Tabla 7. Talla promedio en longitud estándar de *C. attenuatum*. Escala temporal-lago.

Mes	Hembras						Machos					
	LS promedio (cm)	S	EE	Mínimo	Máximo	N	LS promedio (cm)	S	EE	Mínimo	Máximo	N
A*	8.54	0.98	0.13	6.40	10.3	54	7.13	0.72	0.09	5.90	9.30	56
M	7.70	1.47	0.22	4.0	9.70	44	7.33	0.85	0.09	4.80	9.0	81
J*	7.48	1.71	0.19	4.0	11.0	79	6.78	0.96	0.14	4.50	8.50	51
J	6.42	1.89	0.17	3.80	10.7	119	6.14	1.32	0.18	3.80	9.0	56
A	6.70	1.52	0.15	4.40	10.0	108	6.46	0.92	0.11	4.0	8.0	76
S*	6.66	1.88	0.27	3.70	10.0	47	5.88	1.41	0.18	3.70	9.30	58
O*	6.58	1.16	0.16	4.80	9.50	54	6.13	1.08	0.13	4.20	8.70	66
N	5.98	0.90	0.15	4.80	9.50	38	5.79	0.85	0.12	3.70	8.60	52
D*	7.05	1.01	0.13	5.20	9.60	61	6.49	0.90	0.12	3.90	7.80	54
E	6.94	1.67	0.32	3.90	9.60	27	6.45	1.37	0.23	3.70	8.70	36
F	7.34	1.30	0.21	3.60	9.60	37	6.95	0.79	0.15	5.60	8.40	27
M*	7.26	1.12	0.23	5.25	9.90	24	6.65	0.79	0.16	5.50	8.10	24
A*	7.42	1.06	0.14	4.80	9.50	56	6.43	0.77	0.14	4.20	8.20	30

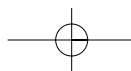
LS = Longitud estándar; S = desviación estándar; EE = error estándar; N = número de individuos; Mes* = tallas de machos y hembras diferentes ($p < 0.05$)

especies de *Chirostoma* comparten con *Menidia* un ancestro común el cual puede estar más cercano cladísticamente a *Menidia peninsulae* que a *Menidia beryllina*. La presencia de sinapomorfismos indica que los atherinópsidos de la Mesa Central constituyen un grupo monofilético con *Menidia peninsulae*.

La determinación sexual por temperatura es un fenómeno que no se ha estudiado en las poblaciones de atherinópsidos mexicanos y que, de confirmarse, contribuiría a dar forma y explicación a su ecología reproductiva. Este fenómeno, asociado con estudios ecológicos de distribución, abundancia y reproducción son líneas de investigación que deben ser consideradas integralmente para la comprensión de la dinámica de las especies y comunidades del grupo de los atherinópsidos mexicanos que conduzca a una mayor conservación y mejor administración de estos recursos.

REFERENCIAS

- ARREGUÍN-SÁNCHEZ, F. 1986. Conclusiones del curso intensivo sobre Biología Pesquera. CINVESTAV-Mérida 10 p.
- ARREGUÍN-SÁNCHEZ, F. 1987. Sobre el estado actual de la explotación de los recursos pesqueros del lago de Pátzcuaro y de la presa Adolfo López Mateos. CINVESTAV-Mérida. Investigaciones para el manejo y administración racional. Pesquerías tropicales. Primer informe parcial 12 p.
- BARBA, T. J. F. 1990. *Taxonomía, Biología y Ecología del lenguado Scyrium ovale (Gunther) en áreas del Pacífico mexicano 1982-1983 (Teleostei: Bothidae)*. Tesis de grado Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 111p.
- BARBOUR, D. C. 1973. The Systematics and Evolution of The Genus *Chirostoma* Swainson (Pisces: Atherinidae). *Tulane University, New Orleans. Tulane Studies in Zoology and Botany*. Vol. 18, Number 3. March 16, 1973. 96-141 pp.
- BERLANGA, R. C., A. RUÍZ L., M. R. NEPITA V. & J. V. MADRID 1997. Estabilidad y diversidad de la composición de peces del Lago de Pátzcuaro, Mich., México. *Revista de Biología Tropical*. 45(4):1553-1558.
- CONOVER, D. O. & B. E. KYNARD. 1981. Environmental sex determination: interaction of temperature and genotype in a fish. *Science* 213: 577-579.
- CONOVER, D. O. 1984. Adaptive significance of temperature-dependent sex determination in a fish. *The American Naturalist* 123 (3): 297-313.
- CONOVER, D. O. & S. W. HEINS. 1987. Adaptive variation in environmental and genetic sex determination in a fish. *Nature* 326: 496-498.
- DE BUEN, F. 1944. Huevos, crías, larvas y jóvenes de *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro. *Trabajos Est. Limn. Pátzcuaro* 3:1-14.
- DYER, B. S. & B. CHERNOFF. 1996. Phylogenetic relationship among atheriniform fishes (Teleostei: Atherinomorfa). *Zoological Journal of the Linnean Society* 1-76.
- EHELLE, A. A. & A. ECHELLE. 1984. Evolutionary genetics of a "species flock": atherinid fishes on the Mesa Central of México. In: Echelle, A. and I. Kornfield (Eds.) *Evolution of fish species flock*. University of Maine at Orono, Maine 93-109.
- GROSMAN, F., P. SANZANO, D. AGÜERIA, G. GONZÁLEZ & S. SERGUENA. 2001. Ecología reproductiva, edad, crecimiento, condición y alimentación del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en un ambiente del SO de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Rev. AquaTIC* No. 12: 1-24. Febrero 2001. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art1202/pejerrey.htm>
- GULLAND, J. A. & A. A. ROSENBERG. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO. Doc. Téc. de Pesca 323. Roma, FAO. 1992. 112p.
- JIMÉNEZ, B. MA. L. & A. GRACIA G. 1995. Evaluación de la pesquería multiespecífica de charales (*Chirostoma* spp., Pisces, Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.* 66(2): 205-231.
- LEDESMA, A. P. C. 1990. *Análisis de fases ontogénicas primarias y reconocimiento del híbrido obtenido por fecundación artificial entre C. attenuatum y C. patzcuaro (Pisces:Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich., México*. Tesis profesional. Escuela de Biología, UMSNH. 91 pp.
- LOT, A & A. NOVELO. 1988. Vegetación y flora acuática del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *The Southwestern Naturalist* 33 (2): 167-175
- MIDDAUGH, D. P. & M. J. HEMMER, 1987. Influence of environmental temperature on sex-ratios in the tidewater silverside, *Menidia peninsulae* (Pisces:Atherinidae). *Copeia* (4): 958-964.
- MIDDAUGH, D. P. & M. J. HEMMER, 1992. Reproductive ecology of the inland silverside, *Menidia beryllina*, (Pisces:Atherinidae) from Blackwater Bay, Florida. *Copeia* (1992): 53-61.
- MORELOS, L. M. G. 1987. *Contribución al conocimiento de la biología del charal prieto Chirostoma attenuatum, Meek 1902 (Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, Mich., México*. Tesis Profesional. Esc. Biología. UMSNH. 110 pp.
- NIKOLSKY, G. V. 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press. London. 352 p.
- OSEGUERA, F. L. 1990. *Caracterización morfológica de estadios embrionarios y juveniles de Chirostoma grandocule Steindachner (1896) y verificación del híbrido con Chirostoma attenuatum Meek*



- (1902) del Lago de Pátzcuaro, Mich., México. Tesis profesional. Escuela de Biología. UMSNH. 108 pp.
- PERALTA C. C. L. 1991. *Ciclo gonádico a nivel histológico en hembras de Chirostoma estor copandaro (Pescado blanco) en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. 116 p.
- ROJAS, C. P. M. 1992. Producción Pesquera. In: V. M. Toledo M., P. Alvarez-Icaza y L. & P. Avila (Eds.) Plan Pátzcuaro 2000. Investigación Multidisciplinaria para el Desarrollo Sostenido. Friedrich Ebert Stiftung. México. 135-158 pp.
- ROJAS, C. P. M. , L. G. MARES B., & L. JIMÉNEZ B. 1993. Estudio de algunos aspectos biológicos del género *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro como base para su administración y cultivo. Informe Final de Investigación. (Inédito). Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro. INP. 48 pp.
- ROJAS, C. P. M. , L. G. MARES B. & M. P. TOLEDO D. 1995. Abundancia relativa, estructura de tallas y proporción sexual de las especies del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro. XIII Congreso Nacional de Zoología. Morelia, Mich. 14 p.
- ROSAS, M. M. 1976. Datos biológicos de la Ictiofauna del Lago de Pátzcuaro con especial énfasis en la alimentación de sus especies. *Memorias del simposio sobre pesquerías en aguas continentales*. Tuxtla Gutiérrez, Chis. Tomo II. Inst. Nal. Pesca. México, 299-366.
- SOLÓRZANO, P. A. 1955. La pesca en el lago de Pátzcuaro, Mich., y su importancia económica regional. *Sria. de Marina. Dirección de Pesca*. 58p.
- SOLÓRZANO, P. A. 1961. *Contribución al conocimiento de la biología del charal prieto del Lago de Pátzcuaro (Chirostoma bartoni Jordan y Evermann, 1896.)*. Sria. Indust. Com. Dir. Gen. Pesca Indust. Conex., México, D. F. 70 pp.
- STRÜSSMANN, C. A., S. MORIYAMA, E. F. HANKE, J. C. CALSINA COTA & F. TAKASHIMA. 1996. Evidence of thermolabile sex determination in pejerrey. *Journal of Fish Biology*, 48: 643-651.

Recibido: 8 de noviembre de 2004.

Aceptado: 26 de agosto de 2005.

